

### Welchen Beitrag kann die Raumplanung zu einem nachhaltigen Güterverkehr leisten?

Leerkamp, Bert

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

**Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:**

Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL)

#### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Leerkamp, B. (2020). Welchen Beitrag kann die Raumplanung zu einem nachhaltigen Güterverkehr leisten? In M. Hülz, C. Holz-Rau, J. Albrecht, & U. Reutter (Hrsg.), *Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels* (S. 136-166). Hannover: Verl. d. ARL. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0156-0990064>

#### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-ND Lizenz (Namensnennung-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier: <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/deed.de>

#### Terms of use:

This document is made available under a CC BY-ND Licence (Attribution-NoDerivatives). For more Information see: <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0>

*Leerkamp, Bert:*

## **Welchen Beitrag kann die Raumplanung zu einem nachhaltigen Güterverkehr leisten?**

URN: urn:nbn:de:0156-0990064



CC-Lizenz: BY-ND 3.0 Deutschland

S. 136 bis 166

In:

Reutter, Ulrike; Holz-Rau, Christian; Albrecht, Janna; Hülz, Martina (Hrsg.)  
(2020):

Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext  
gesellschaftlichen Wandels.

Hannover = Forschungsberichte der ARL 14

Bert Leerkamp

## WELCHEN BEITRAG KANN DIE RAUMPLANUNG ZU EINEM NACHHALTIGEN GÜTERVERKEHR LEISTEN?

### Gliederung

- 1 Einleitung
  - 2 Begriffe und Entwicklung des Güterverkehrs
    - 2.1 Erläuterung einiger Begriffe und gewählte Zeiträume der Betrachtungen
    - 2.2 Güterverkehrsaufkommen, Transportleistung und Transportintensität
    - 2.3 Entkopplung von Wirtschaftsleistung, Transportnachfrage und Ressourcenverbrauch
    - 2.4 Verkehrsträgerwahl
  - 3 Künftige Trends und Treiber der Güterverkehrsnachfrage
  - 4 Zwischenfazit: Widersprüchliche Prognosen und Gestaltungsbedarf
  - 5 Nachhaltiger Güterverkehr durch eine integrierte Raum- und Verkehrsplanung?
  - 6 Zentrale Orte des Güterverkehrs und funktional gegliederte Güterverkehrsnetze
  - 7 Zusammenfassung und Fazit
- Literatur

### Kurzfassung

Der Güterverkehr wächst seit rd. zwei Jahrzehnten stärker als der Personenverkehr. Im dominierenden Straßengüterverkehr steigt der Verbrauch fossiler Energie trotz effizienterer Motorentechnik und alternative Antriebe verbreiten sich nur zögerlich. Die Marktanteile von Schiene und Binnenschiff stagnieren bzw. sinken. Logistikflächen zur Versorgung der Ballungskerne werden knapp, während in ländlichen Räumen neue Flächen-Hotspots entstehen, die nur an die Straße angebunden sind und deren Ausbau nach sich ziehen. Eine bislang nicht etablierte Systematik Zentraler Orte des Güterverkehrs kann eine nachhaltige Raumordnung durch eine darauf abgestimmte Entwicklung der Netze für den Güterverkehr unterstützen. Der Beitrag beschreibt Entwicklungstendenzen der Güterverkehrsnachfrage und zeigt ein neu entwickeltes Verfahren zur integrierten Standort- und Netzentwicklung auf, das auf dem Verfahren der Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung beruht.

### Schlüsselwörter

Güterverkehr – Raumplanung – Zentrale Orte – Nachhaltigkeit – Güterverkehrsnachfrage

## How can spatial planning contribute towards the development of sustainable freight transport?

### Abstract

Freight transport has been growing faster than passenger transport for more than two decades. Road transport dominates and energy consumption is increasing regardless of rising engine efficiency. The use of zero emission engines remains uncommon and the modal shares of rail freight and inland waterways are stagnating or even declining. At the same time land for logistic sites in urban agglomerations is running short while rural regions face a rising demand to develop such sites and thus require extended road networks. Introducing a system of Central Places for Freight Transport in spatial planning could provide for the development of integrated spatial and transport infrastructure planning. The paper discusses trends in freight transport demand and describes a new approach based on central places to improve sustainability in freight transport.

### Keywords

Freight transport demand – spatial planning – central places – sustainability

## 1 Einleitung

Der Güterverkehr wächst in Deutschland seit Mitte der 1990er Jahre schneller als der Personenverkehr. Diese Entwicklung wird sich nach der Prognose für den aktuellen Bundesverkehrswegeplan fortsetzen. Erwartet wird, dass sich die Transportleistung im Vergleich zum Jahr 1991 bis 2030 mehr als verdoppeln wird (vgl. u.a. BMVI 2017a). Der hohen Bedeutung der Logistik und des Güterverkehrs für die Volkswirtschaft steht eine steigende Inanspruchnahme knapper bzw. endlicher Ressourcen gegenüber, der vorrangig durch technologische Effizienzsteigerung und das Ziel einer modalen Verkehrsverlagerung begegnet wird. Da transportwirtschaftliche Dienstleistungen im Wettbewerb erbracht werden, erzeugt der Transportmarkt prinzipiell selbst Anreize zur Minderung der Ressourceninanspruchnahme. Dies drückt sich z.B. in einer schnellen Modernisierung der Lkw-Flotte aus, die durch die Entwicklung sparsamerer Motoren und eine emissionsbezogene Mauterhebung ausgelöst wird. Auch die Bündelung von Sendungen für den Transport steht unter diesem Effizienzdruck und ist letztlich ausschlaggebend für den wirtschaftlichen Erfolg eines Transportunternehmens.

Die Zunahme des Güterverkehrs ist daher wesentlich auf Treiber zurückzuführen, die in Produktion, Handel und Konsum angesiedelt sind. Diese Treiber sind auch dafür verantwortlich, dass die erwünschte Verlagerung des Güterverkehrs auf Schiene und Wasserstraße nicht gelingt. Während die Wasserstraßeninfrastruktur noch Kapazitätsreserven hat, die in der derzeitigen Wettbewerbssituation der Verkehrsträger aber kaum nutzbar gemacht werden können, sind die Schienennetze in den wichtigen europäischen Korridoren (TEN – Trans European Network) hoch- bzw. überlastet. In den Verdichtungsräumen konkurriert der Güterverkehr zudem mit dem Ziel, den Schienenpersonenverkehr auszuweiten, wodurch überproportional viele Trassen für

den Schienengüterverkehr verloren gehen würden. Binnenschiff und Eisenbahn stehen darüber hinaus untereinander in einem stärkeren Wettbewerb als mit dem Lkw, da sie beide auf große Mengen und lange Transportdistanzen fokussiert sind. In diesem Entfernungsbereich werden aber vom Straßengüterverkehr nur geringe Anteile des gesamten Güterverkehrsaufkommens bewegt, sodass auch nur wenig verlagert werden könnte (vgl. Abb. 1).

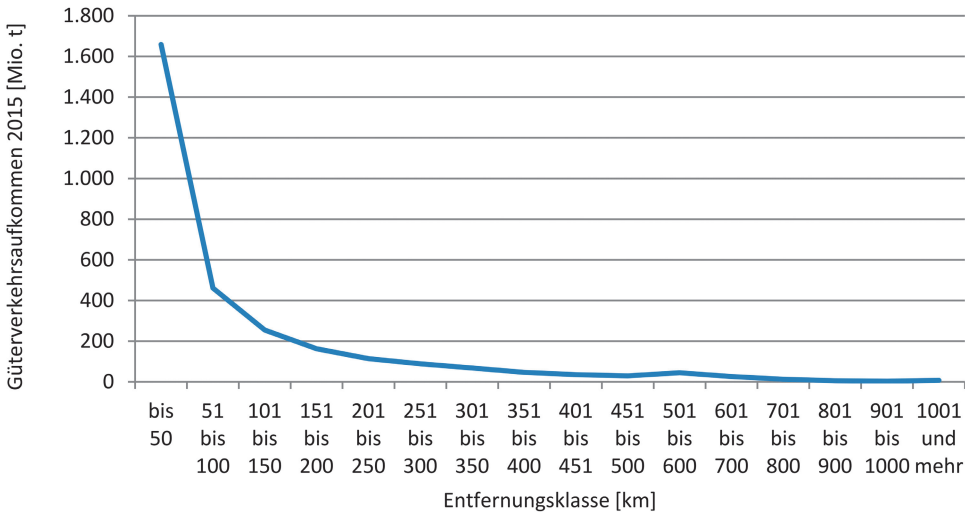


Abb. 1: Güterverkehrsaufkommen dt. Lkw > 3,5 t Nutzlast nach Entfernungsklassen / Quelle: BMVI 2017a, eigene Darstellung

Der Straßengüterverkehr ist allerdings von Überlastungen des Netzes betroffen, die die Kosten und Zuverlässigkeit der Transporte als wichtigste Zielgrößen der logistischen Optimierung zunehmend beeinträchtigen. Mindestens bis 2030 werden viele große Autobahnbaustellen die Netzkapazitäten weiter einschränken. Und auch dauerhaft kann nicht davon ausgegangen werden, dass es gelingt, die Straßennetze bedarfsgerecht auszubauen, selbst wenn die damit verbundenen Konflikte mit zentralen Zielen der nachhaltigen Entwicklung außer Acht gelassen würden.

Langfristig zuverlässigere Verkehrsinfrastrukturen für den Güterverkehr könnten möglicherweise entstehen, wenn Standorte und Netze des Güterverkehrs stärker aufeinander abgestimmt entwickelt würden, verfügbare Infrastrukturkapazitäten für die Akteure in Produktion, Logistik und Handel planbarer werden und die Verkehrsinfrastrukturplanung umgekehrt auf stabilere Standortstrukturen setzen könnte. Komplementär dazu ist eine Dämpfung der Nachfrage nach Transportleistungen ein Beitrag zur Stabilisierung und nachhaltigen Entwicklung des „Systems Güterverkehr“. Dazu kann eine verstärkte Integration von Raum- und Verkehrsplanung beitragen, indem sie

„Zentrale Orte des Güterverkehrs“ raumordnerisch festlegt und an diesen Standorten für eine angemessene Anbindung an die Verkehrsträger sorgt. Dies würde langfristig auch intermodale Güterverkehre unterstützen. Umgekehrt sollte es vermieden werden, logistikintensive Standorte ohne bestehende Anbindung an leistungsfähige Netze und ohne intermodale Knoten in der Nähe zu entwickeln. Dies ist jedoch aus vielfältigen Gründen schwierig umsetzbar:

- > Die regionalplanerische Entwicklung von Standorten der Produktion, der Logistik und des Handels (also der Quellen und Senken des Güterverkehrs) ist bislang im Wesentlichen an der Nachfrage orientiert und versucht Flächen- und Anbindungsbedarfe lokal zu sichern. Die derzeit praktizierte Rückkopplung zwischen Raum- und Verkehrsplanung (vgl. Klemmer/Leerkamp 2017) leistet keinen ausreichenden Beitrag zu langfristig tragfähigen Standortstrukturen.
- > Ein raumordnerisch leitendes zentralörtliches Modell für Standorte von Produktion und Logistik existiert bislang nicht. Damit fehlt der Verkehrsnetzplanung eine wesentliche Grundlage, um verbindungsbezogene Angebotsqualitäten für Güterverkehrsnetze langfristig räumlich festzulegen und entsprechend zu gestalten (im Personenverkehr ist dies durch das Zusammenspiel der raumordnerisch bestimmten Zentralen Orte und der Methodik der Netzgestaltung gemäß RIN 2008 (FGSV 2008) grundsätzlich sichergestellt und hat starken Einfluss auf die Wahl der Ausbaugrade im Straßennetz). Der Raumplanung fehlt im Gegenzug eine Grundlage, um Flächenansprüche des Güterverkehrs argumentativ gegenüber den Ansprüchen aus der Wohnbauflächennachfrage abzusichern. Dieses Problem ist derzeit vor allem in den wachsenden Ballungsräumen zu beobachten.
- > Trends und Treiber der Güterverkehrsnachfrage sind einem – im Vergleich zum Personenverkehr – dynamischeren Wandel unterworfen. Der stark wachsende Online-Handel stellt aktuell Flächenansprüche in den Ballungsräumen, die kaum befriedigt werden können, weil stadtnahe große Flächen für verkehrsintensive Nutzungen fehlen. Die Kontraktlogistik für Industrie- und Konsumgüter, bei der Logistikdienstleister über den Transport hinausgehende Leistungen von der Lagerhaltung bis zur Weiterverarbeitung erbringen, und die ca. 40% der Wertschöpfung im Logistikmarkt ausmacht (vgl. Schwemmer 2016), ist durch kürzer werdende Kontraktlaufzeiten gekennzeichnet. Dadurch steigt die Nachfrage im Markt für Logistikimmobilien und es entstehen in schnellerer Abfolge neue Quellen und Senken des Güterverkehrs. Dem steht eine Verkehrsplanung gegenüber, die wesentlich längere Reaktionszeiten auf Änderungen der räumlichen Nachfragemuster benötigt.
- > Im Eisenbahn- und im Straßennetz werden Personen- und Güterverkehre gemischt abgewickelt und konkurrieren daher miteinander. Die Inanspruchnahme der Netzkapazitäten ist beim Verkehrsträger Straße nur indirekt steuerbar, während im Eisenbahnverkehr integrierte Taktfahrpläne des Personenverkehrs die Trassennutzung durch den Güterverkehr tagsüber oftmals erheblich einschränken, sodass dieser auf die Nachtstunden verdrängt wird.

- > Die Wechselwirkung zwischen Infrastrukturangebot und Verkehrsnachfrage wird überlagert von weiteren, exogenen Treibern der Güterverkehrsnachfrage. Das Supply Chain Management, das die gesamte Produktions- und Transportkette bis zum Handel umschließt, ist nicht in allen Wirtschaftsbereichen gleichermaßen etabliert. Damit fehlt Transparenz über den Ressourcenverbrauch. Die Verschiebung von Risiken zu den Transportunternehmen ist zudem weit verbreitet, weil der größte Teil dieser Unternehmen sehr klein ist und wenig Marktmacht hat. Verkehrsaufwendige Produktions- und Distributionsverfahren können sich so länger halten, denn es findet sich immer ein Transporteur, der zu geringsten Kosten fährt (Transportmarktbörsen stützen diesen Effekt, weil hier Transporteure Rückfrachten generieren können, die ihnen Leerfahrten vermeiden, und sie diese daher zu geringsten Kosten anbieten). In einigen Wirtschaftsbereichen ist zudem die Zahlungsbereitschaft für eine verkehrsaufwendige Logistik hoch, weil kurzfristige Verfügbarkeiten wichtig sind. Die vielfach geforderte Erhöhung der Kosten des Verkehrs würde in diesen Teilmärkten voraussichtlich wenig Wirkung erzielen.<sup>1</sup> In Summe entstehen die Impulse für mehr Güterverkehrsnachfrage also an vielen Stellen der Prozesskette, sodass einfache Ursache-Wirkung-Beziehungen nicht gültig sind. Das Gesamtsystem wird dann als nicht zielorientiert beeinflussbar wahrgenommen.
- > Die Forderung nach einer Dämpfung der Güterverkehrsnachfrage ist ambivalent, da die Logistikwirtschaft erheblich zum Bruttoinlandsprodukt beiträgt und gewerbliche Arbeitsplätze insbesondere auch im Bereich geringer beruflicher Qualifikation schafft. Nach Schätzungen von Klaus und Kille (2008) gehört die Logistik zu den vier größten Wirtschaftsbranchen neben der Automobilindustrie, dem Maschinenbau und dem Gesundheitswesen.

Trotz dieser Zusammenhänge erscheint es dringlich, Einfluss auf die weitere Entwicklung zu nehmen, weil sonst die Gefahr besteht, dass unvermeidbare Umbrüche radikaler und weniger steuerbar werden. Der vorliegende Beitrag diskutiert, wie eine integrierte Raum- und Verkehrsplanung auf Basis der Bestimmung Zentraler Orte der Logistik Impulse für eine langfristige Stabilisierung des Systems Güterverkehr und zur Ressourceneinsparung geben könnte. Dazu wird eingangs die Entwicklung der Güterverkehrsnachfrage skizziert und es werden die oben bereits exemplarisch erwähnten Treiber der Nachfrage diskutiert. Die Aussagen zum Aufbau und zur Wirkungsweise eines Zentrale-Orte-Modells des Güterverkehrs und der Logistik fußen auf neueren Forschungsarbeiten am Lehrstuhl des Autors, die sich mit der Weiterentwicklung der Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung (FGSV 2008) und von Zentralen Orten des Güterverkehrs als Grundlage der Raumwirksamkeitsanalyse im BVWP-Verfahren befassen.

---

<sup>1</sup> Die Bedeutung der Transportkosten und speziell der Energiekosten für die Verkehrsnachfrage wird manchmal überschätzt. Die Logistikkosten betragen ca. 5–10% der Endproduktkosten (vgl. Schulte 2009). Die Transportkosten haben einen Anteil von ca. 44% an den Logistikkosten (DSLW 2015) und die Treibstoffkosten betragen ca. 20% der Transportkosten.

## 2 Begriffe und Entwicklung des Güterverkehrs

### 2.1 Erläuterung einiger Begriffe und gewählte Zeiträume der Betrachtungen

Der *Wirtschaftsverkehr* umfasst alle Fahrten, die zu gewerblichen Zwecken durchgeführt werden. Er gliedert sich in den Personenwirtschaftsverkehr und den Güterwirtschaftsverkehr, der gemeinhin (und daher zur leichteren Lesbarkeit auch in diesem Beitrag) abgekürzt als Güterverkehr bezeichnet wird. Die Verkehrsstatistik beschreibt die Entwicklung der Güterverkehrsnachfrage mit den beiden zentralen Kenngrößen *Güterverkehrsaufkommen* (Menge der zwischen Produktionsstätten und zu Endverbrauchern transportierten Güter und Rückführung von Wertstoffen) und *Transportleistung* (Produkt aus Güterverkehrsaufkommen und mittlerer Transportweite, synonym: Güterverkehrsleistung). Die Transportleistung bezieht sich auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland und beinhaltet, dass Leerfahrten (0 t Transportgut), der Einfluss von Teilladungen und der Einsatz unterschiedlicher großer Fahrzeuge nicht berücksichtigt werden. Diese transportlogistisch relevanten Merkmale schlagen sich in den *Fahrzeugfahrleistungen* nieder. In der Transportleistung des Straßengüterverkehrs ist außerdem der Transport mit Lkw unter 3,5 t Nutzlast nicht enthalten.

Der Quotient aus der Transportleistung und dem Bruttoinlandsprodukt (BIP) eines Jahres wird als *Transportintensität* bezeichnet. Er drückt den Verkehrsaufwand aus, der mit der Erzeugung von 1.000 € BIP verbunden ist. Setzt man die Wachstumsrate der Transportleistung über einen längeren Zeitraum in Bezug zur Wachstumsrate des BIP im gleichen Zeitraum, erhält man die *Transportelastizität*, die angibt, inwieweit Wertschöpfung (BIP) und Verkehrsaufwand unterschiedlich schnell wachsen oder sinken. Beide Kenngrößen beschreiben das Maß der Kopplung von Wirtschafts- und Güterverkehrsleistung. In der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung wird die Transportintensität als Nachhaltigkeitsindikator verwendet (vgl. Statistisches Bundesamt 2014).

Bei der folgenden Betrachtung der Verkehrsträgerwahl im Güterverkehr werden nur die drei *Landverkehrsträger* Straße, Schiene und Wasserstraße berücksichtigt und es wird nur der binnenländische Verkehr betrachtet. Rohrleitungstransporte und der Luftverkehr werden ausgeblendet, weil sie die Landverkehrswege nicht belasten bzw. mengenmäßig unbedeutend sind. Die Zunahme des Welthandels und das damit einhergehende Wachstum der weltweiten Güterströme wird an dieser Stelle ebenfalls ausgeblendet, soweit die Transportleistungen im Ausland erbracht werden.

Soweit möglich, wird die Entwicklung der Kenngrößen in Gesamtdeutschland seit 1991 dargestellt. Für einige Größen liegen in der Verkehrsstatistik keine vollständigen Zeitreihen vor.



## 2.2 Güterverkehrsaufkommen, Transportleistung und Transportintensität

Die Nachfrageentwicklung im Güterverkehr seit der deutschen Einigung vermittelt ein kontinuierliches Wachstum der binnenländischen Transportleistungen, das nur kurz durch die Wirtschaftskrise in den Jahren 2008/2009 unterbrochen wurde. Zwischen 1991 und 2015 stieg die Transportleistung der Landverkehrsträger Straße, Schiene und Binnenwasserstraße innerhalb des Bundesgebietes von 384 Mrd. tkm um 65% auf 632 Mrd. tkm (vgl. BMVI 2017a). Bis 2030 wird nach der Verflechtungsprognose 2030 für die Bundesverkehrswegeplanung (BVU/ITP 2014) eine weitere Zunahme auf rd. 838 Mrd. tkm erwartet. Das entspricht einer Gesamtzunahme auf rd. 218% des Ausgangswertes des Jahres 1991.

Die Transportelastizität, die die Veränderungsraten beider Größen im Verhältnis zueinander betrachtet, drückt das Maß der Kopplung zwischen Transportleistung und Wirtschaftsleistung aus. Der Wert ist abhängig von der Länge des Betrachtungszeitraumes und lag vor der Wirtschaftskrise für einen 10-jährigen Betrachtungszeitraum zwischen 1,5 und 2,1 (z.B. für den Zeitraum 1995–2005: 1,8<sup>2</sup>). Der Güterverkehr wuchs in der Vergangenheit also rd. eineinhalbmal bis doppelt so schnell wie das BIP. In der Wirtschaftskrise sank die Transportleistung entsprechend wesentlich stärker als das BIP (vgl. u.a. BMVI 2017a). Diese Volatilität des Güterverkehrs erschwert eine verlässliche Kapazitätsplanung in der Transportwirtschaft und in der Verkehrsinfrastrukturplanung.

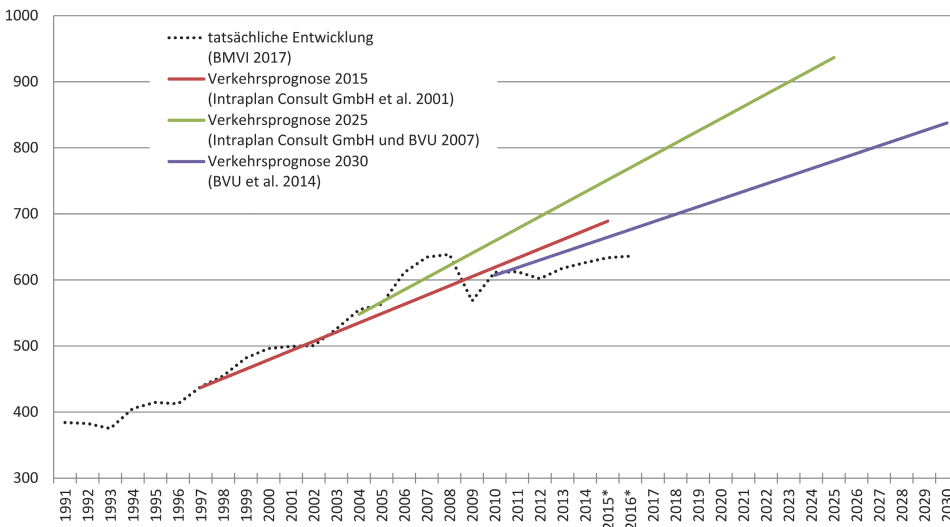


Abb. 2: Tatsächliche Entwicklung und Prognosen der Transportleistung im binnenländischen Güterverkehr (alle Verkehrsträger, ohne Rohrleitungsverkehr, in [Mrd. tkm]) / Quellen: Eigene Darstellung; BMVI 2017a, Intraplan Consult/ifo/BVU 2001, BVU/ITP (2007), BVU/ITP (2014)

2 BVU/ITP 2007 und eigene Berechnung auf Grundlage von BMVI 2017a.

Deutlich erkennbar ist in den Prognosen für die Bundesverkehrswegeplanung, dass diese sich jeweils an den Entwicklungen der letzten ca. 5–10 Jahre vor dem Analysezeitpunkt orientieren. Die Prognose für das Jahr 2025 hatte den starken Anstieg der Verkehrsleistungen bis 2007 im Blick und unterstellte entsprechend höhere Wachstumsraten als die vorangegangene Prognose 2015 und als die nachfolgende Prognose 2030, die unter dem Eindruck der Wirtschaftskrise 2008 erstellt wurde. Die tatsächliche Transportleistungsentwicklung der letzten Jahre zeigt allerdings noch etwas geringere Wachstumsraten, sodass die Werte der Prognose 2030 bei einer Fortsetzung des aktuellen Trends nicht erreicht werden.

Im Betrachtungszeitraum ist die *Transportleistung* mit rd. 65% deutlich schneller gewachsen als das *Güterverkehrsaufkommen* (rd. 14%), weil die mittleren Transportweiten um rd. 45 % (Durchschnitt aller Landverkehrsträger, ohne Rohrleitungsverkehre) stark angestiegen sind. Sie waren demnach in der Vergangenheit der stärkste Treiber der Nachfrageentwicklung und sind für die Prognostik ein bedeutender Unsicherheitsfaktor.<sup>3</sup> In der Verflechtungsprognose 2030 (BVU/ITP 2014) wird ein weiterer Anstieg der Transportweite um ca. 17% von 2010 bis zum Jahr 2030 angenommen, während die Vorgängerprognose von 2004 bis 2025 noch einen Zuwachs um 34% erwartet hatte (vgl. BVU/ITP 2007). Demgegenüber zeigen die vom Bundesministerium für Verkehr laufend in „Verkehr in Zahlen“ (u.a. BMVI 2017a) veröffentlichten mittleren Transportweiten für den binnenländischen Straßengüterverkehr mit in Deutschland zugelassenen Lkw<sup>4</sup> seit etwa 2010 stagnierende und für einzelne Gütergruppen sogar sinkende Werte. Im Verkehr europäischer Lkw und im Eisenbahngüterverkehr und im Binnenschiffsverkehr ergibt sich aus diesem Zahlenwerk ebenfalls – bei z. T. etwas stärkeren jährlichen Schwankungen – das Bild einer stagnierenden Transportweitenentwicklung. Möglicherweise zeichnet sich hier ein Trendbruch ab, der künftig dämpfend auf die Belastung der Verkehrsinfrastruktur wirkt. Geringere mittlere Transportweiten bedeuten weniger Fahrzeugfahrleistungen, geringeren Energiebedarf und tragen im Straßengüterverkehr dazu bei, dass sich alternative Antriebe mit ihren geringeren Reichweiten eher durchsetzen können.

### 2.3 Entkopplung von Wirtschaftsleistung, Transportnachfrage und Ressourcenverbrauch

Eine Entwicklung hin zu einer Entkopplung von Wirtschafts- und Transportleistungswachstum kann für Deutschland bislang nicht belegt werden, weil der Zeitraum dieser neuen Entwicklung noch zu kurz ist. Erkennbar ist aber, dass die Transportintensität

---

3 Die Zielwahl wird in der BVWP-Prognostik nicht mit einem raumstrukturell und verhaltensbasierten Zielwahlmodell geschätzt. Aufgrund des Erkenntnisstandes und der Datenlage zur Beschaffungs- und Distributionslogistik der Unternehmen in Produktion und Handel wäre eine solche Zielwahlmodellierung mit großen Unsicherheiten behaftet und würde kaum verlässlichere Aussagen liefern. Stattdessen wird in der Globalprognose für den BVWP zuerst die Entwicklung der Transportelastizität geschätzt und daraus die Entwicklung der Transportweiten zurückgerechnet.

4 Mittlere Transportweiten dt. Lkw > 3,5 t Nutzlast, Verkehr in Zahlen, mehrere Jahrgänge (vgl. BMVI 2017a). Diesen Zahlen liegen die kontinuierlichen Erhebungen im Zuge der Güterkraftverkehrstatistik zugrunde, die nur bei schweren Nutzfahrzeugen deutscher Halter durchgeführt wird. Die Zahlen weisen darauf hin, dass die binnenländischen Transporte offenbar nicht mehr länger werden.

im Jahre 2006 ein Maximum erreicht hatte, von dem aus sie kontinuierlich (mit Ausnahme des „Nachkrisenjahres“ 2010) gesunken ist (vgl. Abb. 3 und Statistisches Bundesamt 2014). Die resultierenden Transportelastizitäten der Jahre vor der Wirtschaftskrise werden möglicherweise nicht wieder erreicht, wegen der noch zu kurzen Betrachtungszeiträume ist jedoch noch keine Trendaussage möglich.<sup>5</sup>

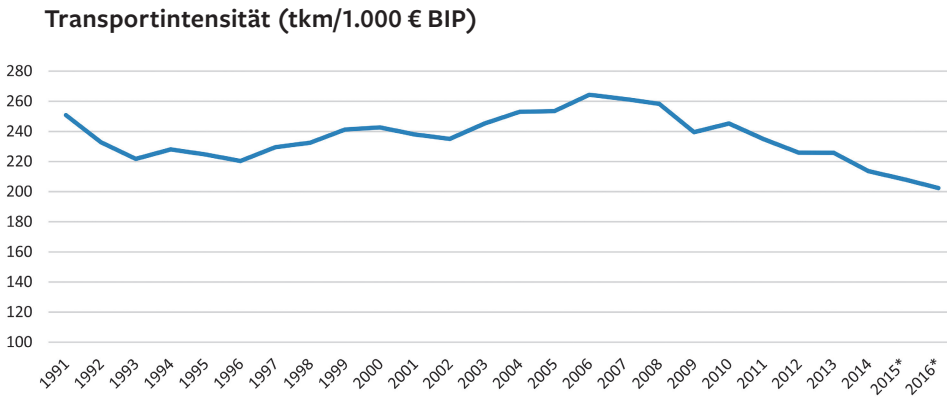


Abb. 3: Entwicklung der Transportintensität im binnenländischen Güterverkehr der Landverkehrsträger, ohne Rohrleitungsverkehre / Quelle: Eigene Berechnung, BMVI 2017a

Die Ursachen der aktuell stagnierenden und teilweise sogar sinkenden Transportweiten sind noch nicht klar erkennbar. Zur resultierenden Abnahme der Transportintensität beigetragen haben können z.B. die gestiegenen Exportüberschüsse der deutschen Wirtschaft (der zunehmenden Wertschöpfung aus exportierten Produkten wird definitionsgemäß nur der inländische Teil des Transportweges gegenübergestellt), die fortschreitende Tertiärisierung der Wirtschaft (Wertschöpfung ohne relevanten Güterverkehr) oder eine mangels Daten nicht empirisch belegbare „Reifung der Beschaffungs- und Absatzmarktstrukturen“ (kein Wachstum der Transportentfernungen).

Eine beginnende Trendumkehr in den Raumstrukturen und Verflechtungen des Güterverkehrs mit der Folge tendenziell nicht mehr wachsender Beschaffungs- und Distributionsräume kann mit den vorliegenden Daten also zumindest nicht ausgeschlossen werden. Ebenso nicht auszuschließen ist, dass die steigenden Verkehrsbelastungen und Unzuverlässigkeiten der Verkehrsinfrastruktur eine Ursache sind und Unternehmen dazu veranlassen, robustere und gleichzeitig verkehrssparsamere Beschaffungs-

5 Der Sachverständigenrat für Umweltfragen definiert: „Von relativer Entkopplung spricht man, wenn die ökologische Effizienz der Wirtschaftsaktivität zwar zunimmt, der Effekt aber zu einem Teil durch das Wachstum der Wirtschaft aufgezehrt wird. Absolute Entkopplung ist erst dann erreicht, wenn trotz Wirtschaftswachstum der absolute Umfang des Umweltverbrauchs zurückgeht“ (SRU 2012: 41). Vor der Wirtschaftskrise wuchs die Transportleistung 1,4- bis 2,2-mal so schnell wie das BIP (eigene Berechnung nach Daten aus BMVI 2017a für Fünfjahreszeiträume). Nach der Wirtschaftskrise zeichnen sich Transportelastizitäten von 0,2 bis 0,4 ab (für die Zeiträume 2009/2014 bis 2011/2016). Es gibt demnach eine Tendenz zu einer relativen Entkopplung.

und Distributionsstrukturen zu entwickeln. Dies würde auf eine bedeutsame Wechselwirkung zwischen Raum- und Verkehrsinfrastruktur im Güterverkehr hinweisen. Durch eine Stärkung der integrierten Raum- und Verkehrsplanung im Güterverkehr sollte dann allerdings darauf hingewirkt werden, dass nicht sinkende Zuverlässigkeit mit ihren hohen Folgekosten der Grund für mehr Verkehrssparsamkeit wird. Vielmehr wäre ein verlässliches System Zentraler Orte des Güterverkehrs in Verbindung mit stabilen verbindungsbezogenen Angebotsqualitäten zwischen ihnen anzustreben. Es könnte langfristig dazu beitragen, die Dispersion der Güterverkehre in der Fläche zu reduzieren, die durch Ansiedlungen an ungeeigneten Standorten mitverursacht wird.

Für den Klimaschutz und die Verkehrsnetze entstehen erst dann Entlastungseffekte, wenn weniger Fahrzeugfahrleistungen benötigt werden.<sup>6</sup> Grundsätzlich betrifft dies den Schienen- und den Straßengüterverkehr gleichermaßen. Im Schienengüterverkehr dominiert jedoch das modale Verlagerungsziel, sodass mehr Zugfahrten bzw. Trassenbelegungen des Schienennetzes durch Güterzüge erwünscht sind (die in großen Bahnknoten wie z. B. Köln bereits bestehenden Kapazitätsüberlastungen und Nutzungskonkurrenzen mit dem Personenverkehr sowie geplante Taktverdichtungen und -harmonisierungen im SPNV und SPFV werden dabei meist ausgeblendet). Im Folgenden wird daher nur der Straßengüterverkehr näher betrachtet.<sup>7</sup>

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der Fahrleistungen der Ladungsfahrten deutscher und europäischer Lkw (ohne Nahverkehr mit „kleinen“ Lkw unter 3,5 t Nutzlast) auf dem deutschen Straßennetz. Die erkennbaren Fahrleistungszuwächse sind vor allem den europäischen Lkw zuzuschreiben und resultieren u. a. aus sog. „Ausflaggungen“ (Anmeldung von Fahrzeugen im Ausland), den sich verändernden Regelungen für Kabotageverkehre (binnenländische Transporte mit ausländischen Lkw) und zunehmenden Marktanteilen europäischer Transportunternehmen im grenzüberschreitenden Verkehr. Von dem zwischenzeitlichen Rückgang in den Jahren 2011/2012 abgesehen, ist ein kontinuierlicher Anstieg der gesamten Fahrleistungen zu beobachten. Seit der Wirtschaftskrise 2008 ist dieser Anstieg jedoch deutlich abgeflacht und deutet auf einen schwachen Trend zu einer relativen Entkopplung von der Wirtschaftsleistung hin (gemäß der Definition in SRU 2012).

Der Endenergieverbrauch und die Klimagasemissionen des Nutzfahrzeugverkehrs sind über den spezifischen Energieverbrauch der Nutzfahrzeuge mit der Fahrleistung und der Wirtschaftsleistung gekoppelt. Der spezifische Energieverbrauch der deutschen und europäischen Lkw ist in den vergangenen Jahren deutlich gesunken.<sup>8</sup> Die

---

6 Der sinkende Energiebedarf infolge von sinkenden gewichtsbezogenen Beladungsgraden wird an dieser Stelle vernachlässigt. Auf die Fahrleistungen wirken zusätzlich Leerfahrtenanteile und gewählte Fahrzeuggrößen.

7 Die Fahrleistungen des Güterkraftverkehrs werden für deutsche Lkw und für Lkw mit Zulassung im europäischen Ausland nach dem Inländerprinzip in den jeweiligen Herkunftsländern erhoben. Sprünge in der Zeitreihe für ausländische Lkw sind z. T. auf eine Änderung des Raumbezuges (EU-Erweiterungen) zurückzuführen. Wegen Datenlücken bei den Leerfahrten europäischer Lkw werden hier nur die Ladungsfahrten betrachtet.

8 Das Statistische Bundesamt (2014) weist für den Zeitraum 1999 bis 2014 einen Rückgang des spezifischen Energieverbrauchs je Tonnenkilometer um rd. 20 % aus. Mit der Einführung der Euro-Norm 6 sind die motorischen Effizienzsteigerungen zum Stillstand gekommen.

Shell Nutzfahrzeug-Studie (2016) hält weitere deutliche Reduzierungen des spezifischen Verbrauchs von 27 % (Trendszenario) bis 41 % (Alternativszenario) bis zum Jahr 2040 für möglich. Der Karosserie (Luftwiderstand, Fahrzeugeigengewicht), dem Fahrwerk (Rollwiderstand) und dem Motor/Antriebsstrang werden dabei die größten Beiträge zugemessen, während eine Hybridisierung oder Elektrifizierung der Antriebe im Segment der schweren Nutzfahrzeuge und Sattelzugmaschinen (Fahrzeugklasse N3) nur im ambitionierteren Alternativszenario berücksichtigt wird. Zusammenfassend erwartet die Shell Nutzfahrzeug-Studie daher im Trendszenario nach 2030 einen absoluten Rückgang des fossilen Energiebedarfs im Nutzfahrzeugverkehr. Im Alternativszenario würde der Bedarf bereits seit 2014 kontinuierlich sinken.

### Fahrleistung des Güterkraftverkehrs in Deutschland 1997–2016\*

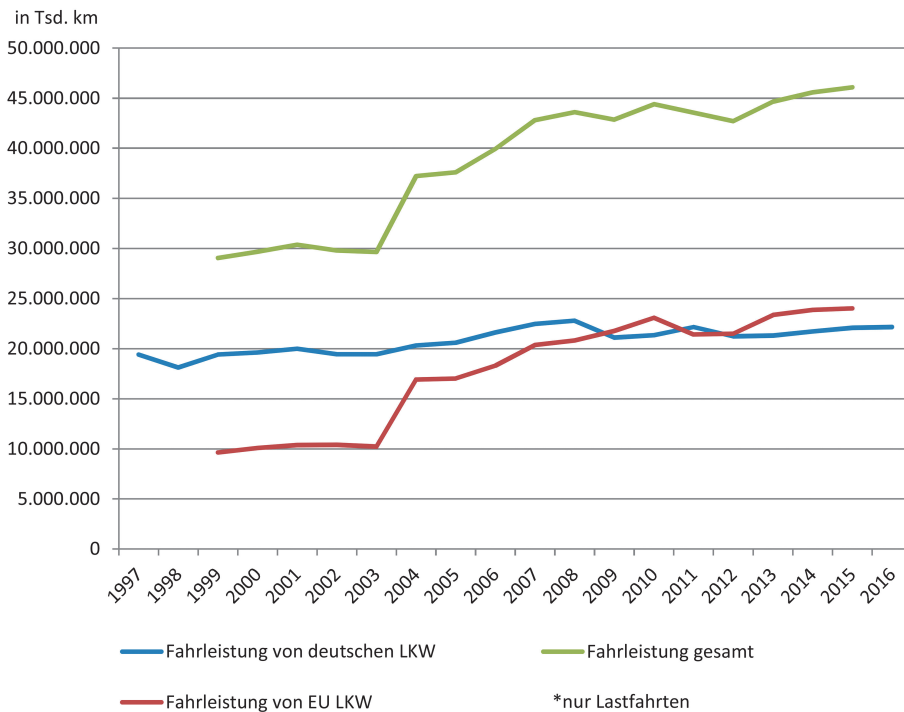


Abb. 4: Entwicklung der Fahrleistungen deutscher und europäischer Lkw im Bundesgebiet (Inlandsfahrleistungen) / Quellen: KBA 2015a und KBA 2015b sowie weitere Jahrgänge der Reihen VD 3 und VE3 des KBA

Da die Klasse N3 im Jahre 2014 etwa 79% des gesamten Dieselmotorkraftstoffs im Nutzfahrzeugsektor verbraucht hat (vgl. Shell AG 2016), ist sie der entscheidende Ansatzpunkt für die angestrebte Entkopplung des fossilen Energieverbrauchs der Nutzfahrzeuge von der Wirtschafts- und Transportleistung. Die N3-Fahrzeuge werden im Regional- und Fernverkehr eingesetzt, sodass die räumliche Verteilung der Produktions- und

Konsumtionsstandorte im Bundesgebiet zusammen mit den künftigen Standortmustern und Strategien der Logistik einen erheblichen Einfluss auf den Energiebedarf hat. Eine integrierte Raum- und Verkehrsplanung kann die weitere Entwicklung des spezifischen fossilen Energiebedarfs von Nutzfahrzeugen beeinflussen, wenn günstige Bedingungen für den Einsatz von hybriden und batterieelektrischen Antrieben geschaffen werden. Sinkende mittlere Transportweiten sind zwar förderlich, es ist aber kaum zu erwarten, dass diese bei weiterhin dominierendem Direktverkehr im Komplettladungssegment ausreichen, um das Reichweitenproblem zu lösen. Die vermehrte Umstellung auf Begegnungsverkehre<sup>9</sup> und die neue Technologie der Oberleitungs-Lkw (Feldversuche in Schleswig-Holstein, Hessen, Baden-Württemberg) sind zusammen eine Option, um die alternativen Antriebsenergien zu fördern. Durch die Loslösung des Einsatzes von Zugmaschine und Fahrer einerseits und Auflieger andererseits im Begegnungsverkehr könnten auf den Hauptstrecken des Autobahnnetzes kurze Fahrtweiten für die Zugmaschinen realisiert werden (und gleichzeitig Lkw-Stellplätze für die Ruhezeiten des Fahrpersonals eingespart werden). Diese pendelnden Zugmaschinen könnten effizient im Oberleitungsbetrieb eingesetzt werden. Entlang der Hauptstrecken wäre dann der Aufbau von Standorten für das Wechseln der Auflieger und ggf. die Aufladung von Fahrzeugbatterien erforderlich. Die Regionalplanung und die sektoralen Fachplanungen müssten solche Standortentwicklungen fördern, da sie voraussichtlich überwiegend im Außenbereich nach BauGB errichtet werden müssten.

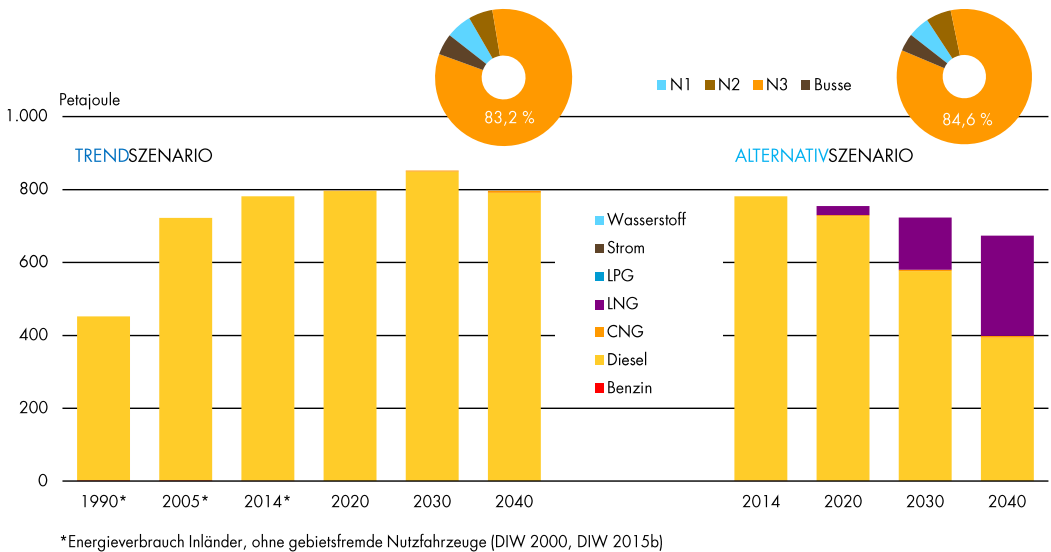


Abb. 5: Prognosen zum Endenergiebedarf in Deutschland zugelassener Nutzfahrzeuge (die Kreisdiagramme geben die Verteilung des Energiebedarfes auf die Nutzfahrzeugklassen im Prognosejahr 2040 an) / Quelle: Shell AG 2016

9 Im Begegnungsverkehr pendeln Zugmaschinen zwischen Übergabepunkten, an denen die Auflieger getauscht werden. Das Verfahren ist in seinen Grundzügen mit dem historischen Postkutschenbetrieb vergleichbar, bei dem an den Poststationen die Pferde und Kutscher ausgetauscht wurden, während die Kutsche weiterbefördert wurde.

## 2.4 Verkehrsträgerwahl

Die Verkehrsträgerwahl im Güterverkehr wird vor allem durch die Menge und Art der zu transportierenden Güter sowie die Transportweiten und logistischen Transportanforderungen beeinflusst. Die Art der Güter unterliegt dem Wandel der Wirtschaftsstruktur und wird als Güterstruktureffekt der Modalwahl bezeichnet. Sie ist durch die Raum- und Verkehrsplanung nicht beeinflussbar und hat in der Langfristbetrachtung wesentlich dazu beigetragen, dass der Güterverkehr auf Schiene und Binnenwasserstraße anteilig stark abgenommen hat. Mit der Zunahme der Konsumgüter und der hochwertigen Industriegüter zulasten von Massengütern gingen grundsätzliche Änderungen der logistischen Anforderungen einher. Die Veränderung der Wirtschaftsstruktur brachte neue Produktionsverfahren hervor, die Fertigungstiefen nahmen ab und die Sendungsgrößen sanken, wodurch die beiden o.g. Verkehrsträger weitere Wettbewerbsnachteile gegenüber dem Lkw erlitten.

Heute wird im Nahverkehr bis 50 km Transportweite fast ausschließlich der Lkw eingesetzt (tonnagemäßig relevante Ausnahmen finden sich in der rohstoffgewinnenden Industrie, in der zwischen Minen und Aufbereitungsanlagen auch auf kurzen Distanzen Eisenbahnen eingesetzt werden). Im Regional- und Fernverkehr (ab 50 km Transportweite) haben die Eisenbahnen seit vielen Jahren annähernd konstante Transportleistungsanteile von 18% bis 19%, während die Binnenschifffahrt rd. 9% der Verkehrsleistung übernimmt und seit Jahren leichte Rückgänge verzeichnet (vgl. Abb. 6). Dementsprechend dominiert der Lkw-Transport mit über 70% Marktanteil und leicht steigender Tendenz.

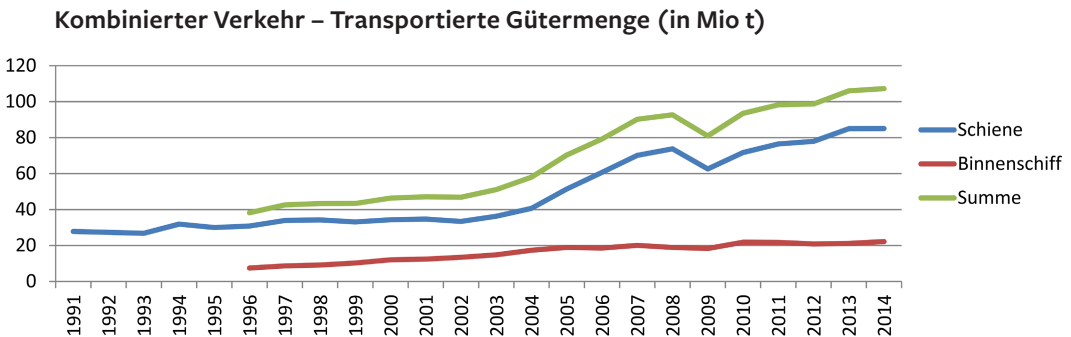


Abb. 6: Marktanteile der Landverkehrsträger an der gesamten Transportleistung / Quelle: BMVI 2017a, eigene Darstellung

Trotz intensiver Bemühungen um eine Förderung von Schiene und Binnenschiff hat sich offenbar ein Marktgleichgewicht eingestellt, das bei nur inkrementellen Änderungen der Rahmenbedingungen stabil bleibt. Der Kombinierte Verkehr (KV) zeigt zwar eine wachsende Tendenz, mit rd. 0,1 Mrd. Tonnen Güteraufkommen in 2014 (bei einer Gesamttonnage aller Verkehrsträger von rd. 4,2 Mrd. t) hat er jedoch ein viel zu gering-



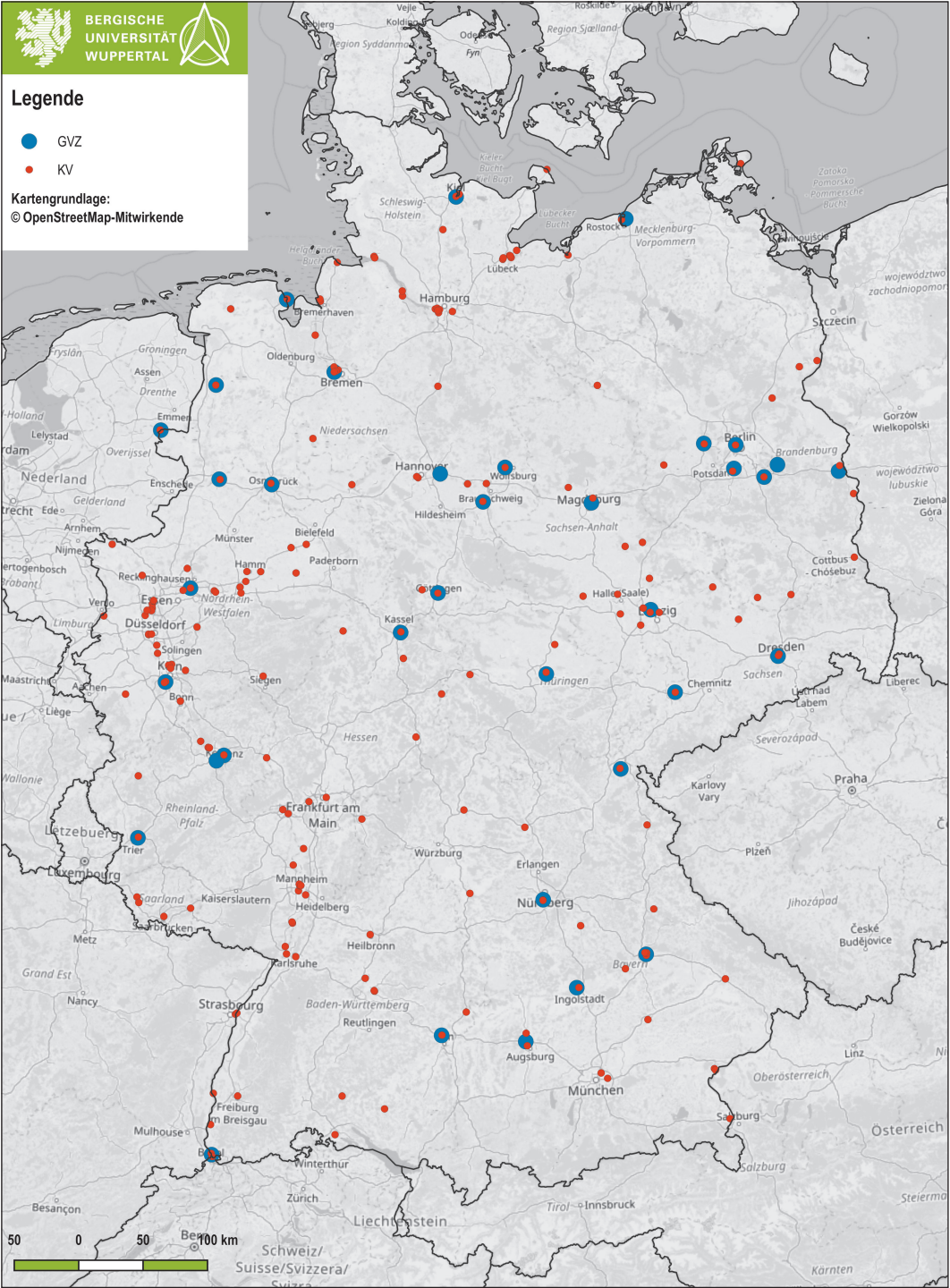


Abb. 7: Standorte von Güterverkehrszentren und KV-Umschlaganlagen in Deutschland / Quelle: Eigene Darstellung



ges Gewicht, um spürbare modale Verlagerungseffekte erzielen zu können. Am gesamten Modal Split würde auch die lt. Verflechtungsprognose 2030 (BVU/ITP 2014) erwartete Zunahme der Seehafenhinterlandverkehre mit Containern nichts ändern. Sie geht davon aus, dass diese Verkehre deutlich wachsen und stärker auf die Schiene und das Binnenschiff gelenkt werden können. Der Schienengüterverkehr wird dadurch voraussichtlich ein Transportleistungswachstum erzielen, das ausreicht, um den Marktanteil insgesamt zu halten. Bei der Verkehrsträgerwahl ist somit insgesamt kein Trendbruch absehbar.

Wenn Produktion, Handel und Logistik integriert betrachtet werden, sind die Sendungsgrößen eine endogene Variable. Durch die zeitliche Bündelung von Transportbedarfen mit entsprechend mehr Zwischenlagerung bei Produktion und Handel können größere Lkw eingesetzt und Teilladungen durch Komplettladungen ersetzt werden, sodass die benötigten Fahrleistungen sinken. Die Wettbewerbschancen des Kombinierten Verkehrs steigen ebenfalls, wenn die Sendungsgrößen mindestens auf das Volumen von Containern steigen. Komplementär sind (neben einer Vielzahl weiterer Bedingungen) kurze Vor- und Nachlaufdistanzen mit Lkw zu den Terminals des Kombinierten Verkehrs notwendig, die Produktionsverfahren und Technologien im Schienengüterverkehr müssen darauf abgestimmt werden (automatisierte Zugbildung/-auflösung, Linienzüge) und die Umschlagkosten müssen relativ an Bedeutung verlieren, damit die Transportkette des Kombinierten Verkehrs gegenüber dem Lkw an Wettbewerbsfähigkeit gewinnt. Und schließlich müssen genügend freie Trassen für neue KV-Züge bereitstehen.

Die Entwicklung von KV-Standorten und die Generierung von Nachfrage sind ein raum- und verkehrsplanerisch relevantes „Henne-Ei-Problem“. Aktuell werden KV-Standorte bedarfsorientiert entwickelt und öffentlich gefördert, wenn ein volkswirtschaftlicher Nutzen nachweisbar ist und keine Konkurrenzen zu bestehenden Standorten auftreten (vgl. BMVI 2017b). In den 1980er Jahren wurden demgegenüber Standortraumkonzepte für Güterverkehrszentren erarbeitet und teilweise in die Landesentwicklungs- und Regionalpläne aufgenommen, die den Anspruch hatten, die Standort- und Verkehrsinfrastrukturen aktiv zu gestalten. Alle Wirtschaftsräume des Bundesgebietes sollten mit bi- und trimodalen Umschlagknoten ausgestattet und untereinander vernetzt werden (Stand heute: vgl. Abb. 7). In den Regionen bestanden jedoch unterschiedliche Bedingungen für die Standortentwicklung (u.a. Finanzierung von GVZ-Entwicklungs- und Betreibergesellschaften als Modelle für öffentlich-private Partnerschaften) und auf der Bundesebene war keine komplementäre Ausrichtung der Verkehrsnetze auf die Standorträume erkennbar. In der Folge ging der Gedanke des bundesweiten GVZ-Netzes als rahmensetzender Raumstruktur verloren. Künftig könnte er wieder aufgegriffen werden, um Zentrale Orte des Güterverkehrs hierarchisch zu ordnen und – analog zur Methodik der Netzgestaltung gemäß RIN 2008 (FGSV 2008) – die Verbindungsfunktionsstufen und anzustrebenden verbindungsbezogenen Angebotsqualitäten der Güterverkehrsträger festzulegen.

### 3 Künftige Trends und Treiber der Güterverkehrsnachfrage

Die weitere Entwicklung der Güterverkehrsnachfrage wird durch Prozesse beeinflusst, die der Transportwirtschaft, der Produktion und dem Handel sowie dem gesellschaftlichen Wandel zugeordnet werden können und die sich gegenseitig beeinflussen. Schwemmer (2016) unterscheidet zwischen Außen- und Innentrends, die auf das System aus Produktion, Handel und Güterverkehr einwirken. Außentrends werden durch die Gesellschaft vorgegeben und müssen von den Unternehmen der Logistikwirtschaft antizipierend bzw. reagierend aufgenommen werden. Hierzu gehören u. a. die Veränderung der demografischen Zusammensetzung der Gesellschaft, die Veränderung von großräumigen Standortmustern der Wertschöpfung (Globalisierung), die weitere Individualisierung von Lebensstilen in Verbindung mit einer zunehmenden Serviceorientierung der Ökonomie, die Entwicklung hin zu mehr Nachhaltigkeit sowie neue Risiken durch Terrorismus und ökonomische wie politische und fiskalische Instabilitäten. Innentrends wirken auf die Verkehrsnachfrage, indem sie die Leistungsfähigkeit und die Angebotsvielfalt durch Unternehmen erweitern. Sie basieren auf technologischen Fortschritten und sind unternehmerisch gestaltbar. Dazu gehören die Digitalisierung von Prozessen und Verfahren in Produktion, Handel und Transport, der Eintritt neuer Akteure mit innovativen Dienstleistungen in den Logistikmarkt, ein Trend zur Industrialisierung (Standardisierung von Prozessen, Nutzbarmachung von Skaleneffekten) in Teilmärkten der Logistik und der zunehmende Einfluss einer „Shareholder-Value-Erfolgslogik“ (Schwemmer 2016), die das Entscheidungsverhalten der Akteure beeinflusst.

Im Hinblick auf die künftigen Raumstrukturen und Verkehrsverflechtungen des Güterverkehrs beeinflussen die o.g. Außen- und Innentrends Entscheidungen über

- > Produktionsstandorte, ihre Anzahl und räumliche Verteilung,
- > die Anzahl der räumlich getrennten Fertigungsstufen im Herstellungsprozess,
- > die räumliche Ausdehnung der Beschaffungs- und Absatzmärkte,
- > Sendungsgrößen und -frequenzen für den Transport, die auf der Grundlage der Beschaffungsstrategien VMI oder CMI<sup>10</sup> von den Produzenten/Zulieferern oder den Empfängern bestimmt werden (und damit die Bündelungsfähigkeit bestimmen),
- > Lagerstandorte und -größen (Bestandsreichweiten/Puffergrößen),

---

10 Vendor Managed Inventory (auch: Push-Strategie), beschreibt die Steuerung der Bestände des Kunden durch seinen Zulieferer oder einen Kontraktlogistiker. Damit verbunden sind effizientere Möglichkeiten der Bündelung von Güterströmen als beim CMI: Customer Managed Inventory (auch: Pull-Strategie). Es umfasst Logistikstrategien, bei denen der Empfänger durch seine Bestellung die Zeitpunkte und Mengen der zu liefernden Ware bestimmt. Da der Empfänger keine Kenntnis der gesamten Güterströme seines Zulieferers bzw. des Logistikers hat, können diese nicht so effizient gebündelt werden.

- > die Bedeutung von Direktverkehrs- oder Nabe-Speiche-Netzen, in denen durch expeditionelle Kooperationen Bündelungseffekte erzielt werden (und damit die Transportweite, für die Fahrzeuge ausgelegt werden müssen, sowie das Maß der Bündelung von Güterströmen auf Relationen),
- > Warenannahmezeiten und das Lieferrampenmanagement in Industrie- und Handelsbetrieben und damit die Bedeutung der Infrastrukturzuverlässigkeit,
- > offensive logistische Angebote (z.B. taggleiche Belieferung im Online-Handel).

Die künftigen Trends der Logistik sind somit prinzipiell raum- und verkehrswirksam. Veränderungen der Raumstrukturen werden von der laufenden Raumbeobachtung (Monitoring der Flächennachfrage im Rahmen der Landes- und Regionalplanung) jedoch nicht in Verbindung mit den unternehmerischen Entscheidungen und den verursachenden Trends erfasst. Dies verstärkt die Unsicherheit, inwieweit eine integrierte Raum- und Verkehrsplanung zielorientiert auf Raumstrukturen des Güterverkehrs Einfluss ausüben kann und darf.

Die künftig erwarteten Trends und Treiber der Güterverkehrsnachfrage wirken in unterschiedlichen Teilmärkten und Teilräumen der Logistik und unterschiedlich intensiv auf die o.g. logistischen Entscheidungen. Unter den Schlagworten Industrie 4.0 und Logistik 4.0 werden Innovationen bei der informatorischen Vernetzung und Durchdringung der Wirtschaftssektoren subsummiert. Einerseits können dadurch Versorgungsketten effizienter gestaltet werden, weil die Information über den Nachschubbedarf schneller und präziser verfügbar wird. Dies kann Bündelungspotenziale aktivieren, die nachfragedämpfend wirken. Andererseits ist die Individualisierung und Personalisierung von Produkten und Dienstleistungen ein Entwicklungspfad, der durch die technologischen Innovationen gefördert wird und tendenziell zu kleineren Losgrößen (bis zur Einzelfertigung und Produktion auf Bestellung) führt. Dies würde in den betreffenden Segmenten der Industrie- und Konsumgüterproduktion zu einer Verkleinerung von Sendungsgrößen und ggf. auch zu höheren Ansprüchen an die kurzfristige Belieferung des Kunden führen, die bislang auf den Bereich des Online-Handels beschränkt sind. Die Verkehrsträgerwahl wird durch diesen Trend vermutlich weniger stark beeinflusst, weil es sich um Sendungen im Teilmarkt der Stückgut- und Paketlogistik handelt, die heute bereits mit Lkw transportiert werden.

Die Entwicklung von 3D-Drucktechniken wird in absehbarer Zeit voraussichtlich diejenigen Teilmärkte der Logistik betreffen, die bereits heute eine sehr breite Palette an hochspezialisierten Einzelprodukten bewegen. Dies trifft u.a. auf die Automobil-Zulieferindustrie und auf Automobil-Ersatzteile zu. Der Einsparung von Logistikkosten für Lagerhaltung und Transport steht allerdings auch weiterhin der Skaleneffekt einer industriellen Massenfertigung entgegen. Ob sich der 3D-Druck in der Verkehrsnachfrage von Produktionsstandorten spürbar auswirken wird, ist daher noch ungewiss. In der Automobilindustrie wird die Umstellung auf Elektroantriebe wahrscheinlich langfristig einen stärker spürbaren Effekt auf den Güterverkehr haben, weil der Teilebedarf für Motoren und Getriebe stark zurückgeht.

Andere Bereiche der Güterverkehr erzeugenden Wirtschaft mit hoher Transportleistung sind dagegen nicht Ziel der Ansätze von Industrie 4.0 und Logistik 4.0. Dazu gehören z. B. die rohstoffgewinnende Industrie, die Recyclingindustrie und die Baustoffindustrie sowie die Massengüter produzierende chemische Industrie.<sup>11</sup> Die Produktionsstandorte dieser Wirtschaftszweige sind langfristig stabil. Schiene und Binnenschiff sind nicht nur wegen der großen zu transportierenden Mengen, sondern auch im Hinblick auf Gefahrgüter und wegen ihrer hohen Zuverlässigkeit wichtige Güterverkehrsträger. Der Einzelwagenladungsverkehr, bei dem Einzelwagen und Wagengruppen in die Anschlussgleise von Industriebetrieben zugestellt werden, steht allerdings in harter Konkurrenz zum Lkw-Verkehr. Sinkende Sendungsgrößen und ungünstige Kostenentwicklungen können den Ausschlag für eine vollständige Einstellung von Bedienungen geben und dadurch selbstverstärkend die Wirtschaftlichkeit des gesamten Einzelwagenverkehrs bedrohen (sinkende Auslastung von Zugbildungsanlagen und rollendem Material). Bei der Standortsuche von mittelgroßen Produktionsunternehmen sind Gleisanschlüsse aktuell zumeist wenig nachgefragt. Die planungsrechtliche Sicherung von Anschlussgleisen bei aktuell fehlender Nutzungsperspektive ist daher eine eher langfristig ausgerichtete Strategie. Durch schnellere und kostengünstigere Umschlagtechniken, eine Automatisierung der Zugbildung und des Zugverkehrs (automatische Kupplung, fahrerloser Betrieb) sowie weitere fördernde Ansätze kann die Flächenerschließung durch den Verkehrsträger Schiene langfristig jedoch wieder gestärkt werden. Komplementär könnte die Digitalisierung der Produktions- und Logistikprozesse dazu genutzt werden, die Zielrelationen einer Wirtschaftsregion, ihr Güteraufkommen und die sendungsbezogenen Transportanforderungen (Zeit, Behälter, Umschlag etc.) transparenter zu machen und so unternehmensübergreifend zusätzliche Kombinierte Verkehre zu generieren.

Die Flächennachfrage der Logistikwirtschaft wird derzeit durch den wachsenden Online-Handel stark beeinflusst. Welt- und europaweit agierende Online-Händler sind auf Verteilzentren-Standorte in der Nähe der Ballungsraumkerne angewiesen, um die von den Kunden erwarteten kurzen Reaktionszeiten bei Online-Bestellungen zu gewährleisten. In diesen Räumen ist jedoch die Zuverlässigkeit der Verkehrsinfrastruktur in den vergangenen Jahren gesunken, sodass der Aufwand für die Auslieferungsverkehre steigt. Außerdem werden in den gewünschten Lagen kaum große Logistikflächen angeboten, weil Bürogewerbe und Wohnen höhere flächenbezogene Renditen ermöglichen. Eine mögliche Folge wird der in asiatischen Metropolen beobachtbare Bau mehrstöckiger Logistikimmobilien sein. In Deutschland stehen die großen Städte vor der Herausforderung, die für die Stadtversorgung „notwendigen“ Logistikflächen bauleitplanerisch zu sichern.

Die Flächenknappheit in Verbindung mit hohen Verkehrsnetzbelastungen, dem Druck zur Emissionsminderung und einer restriktiven Regelung der innerstädtischen Lieferzeitfenster kann zu vermehrten Kooperationen in der Stückgut- und KEP-Logistik auf

---

11 In der NST2007-Gütergruppe Erze, Steine und Erden, Bergbau wurden 2014 37,7 % und in der Gütergruppe Chemische und Mineralölerzeugnisse 14,4 % des gesamten Güteraufkommens dt. Lkw > 3,5 t Nutzlast transportiert (zusammen also 52,1 %). Die Transportweiten lagen 2014 bei 29 km (Erze, Steine/Erden, Bergbau) bzw. 94 km (Chemie, Mineralölerzeugnisse). Datenquelle: BMVI 2017a: 261 ff.

der sog. „letzten Meile“ beitragen<sup>12</sup> und so verkehrsreduzierend wirken. Komplementär etablieren sich bereits heute Auslieferungskonzepte, die einen weiteren Güterumschlag in citynahen „Mikro-Hubs“ in Kauf nehmen und von dort Lastenräder einsetzen. Die Bereitstellung von geeigneten kleinen Logistikflächen und die Ausweisung von gut befahrbaren geeigneten Radverkehrsanlagen für den Lieferverkehr sind Potenziale der Kommunen für die aktive Gestaltung einer stadtverträglicheren Innenstadtbelieferung.

#### 4 Zwischenfazit: Widersprüchliche Prognosen und Gestaltungsbedarf

Die zukünftige Entwicklung der Güterverkehrsnachfrage und die daraus resultierenden Belastungen der Verkehrsinfrastruktur sind Gegenstand zahlreicher Prognoseberechnungen, die sich in ihren Ergebnissen teilweise stark voneinander unterscheiden (siehe u.a. Acatech 2006; InnoZ 2009; Öko-Institut 2014; BVU/ITP 2014). Einerseits wirkt sich die Wirtschaftskrise der Jahre 2008/2009 auf die Erwartungen der weiteren Entwicklung aus. Die vor 2008 erstellten Prognosen liegen bei der erwarteten Transportleistung deutlich oberhalb der später durchgeführten Berechnungen. Andererseits wurden im Zuge der Klima- und Nachhaltigkeitsdebatte Szenarioberechnungen angestellt, die die Machbarkeit eines vollständig regenerativ betriebenen Güterverkehrs nachweisen sollen bzw. die dafür notwendigen Randbedingungen hinsichtlich der Güterverkehrsnachfrage beschreiben. In einigen Szenarien kommt der Reduzierung der Transportweiten eine Schlüsselrolle zu. Gleichzeitig werden dort teilweise sehr hohe Zunahmen der Marktanteile von Schiene und Binnenwasserstraße unterstellt. Allen bekannten quantitativen Prognosen ist gemein, dass die zugrundeliegenden Annahmen und modelltechnisch berücksichtigten Wirkungszusammenhänge nur eingeschränkt aus den Veröffentlichungen nachvollziehbar sind.

Die Unsicherheit über die Wirkungsweise und Wirksamkeit künftiger Trends und Treiber ist groß und es bestehen sehr unterschiedliche Auffassungen darüber, inwieweit die Nachfrage beeinflussbar ist. Die komplexen Rückkopplungen zwischen gesellschaftlichen Trends, der Wirtschafts- und der Technologieentwicklung sind kaum erforscht und werden in den genutzten Modellen nur rudimentär abgebildet. Mögliche Trendbrüche in den Kennziffern der Güterverkehrsnachfrage können nicht zuverlässig vorhergesagt werden. Derweil ist der Güterverkehr auch künftig in hohem Maße raum- und verkehrswirksam:

- > Standorte mit hohem Güterverkehrsaufkommen sind immer auch Arbeitsplatzschwerpunkte und lösen Personenverkehr aus.

<sup>12</sup> Für die Stadt Basel konnte in einer Studie (Holthaus/Leerkamp/Wittenbrink 2016) gezeigt werden, dass unter den restriktiven Bedingungen der dortigen Befahrungsregeln und des schweizerischen Lkw-Nachtfahrverbotes bereits ausgeprägte Kooperationen in der Stückgutbelieferung existieren, die das Güterverkehrsaufkommen in die Basler Innenstadt effizient bündeln. Der Kanton Basel-Stadt hat daraufhin wertvolle innenstadtnahe Konversionsflächen für das Logistikgewerbe gesichert, von denen aus die kooperative Zustellung verkehrssparsam organisiert wird.

- > Die großen Seehäfen in Deutschland, den Niederlanden und Belgien (sog. Nord-range) verzeichnen weiterhin steigende Import- und Exportströme, die Flächen-erweiterungen und eine räumliche Differenzierung der Hafenfunktionen erforderlich machen. Hinzu kommt die Verstärkung von Aufkommensspitzen durch den Einsatz immer größerer Containerschiffe im Übersee-Verkehr. In der Folge entstehen neue verkehrlich bedeutende Knotenpunkte des Güterverkehrs im Hinterland dieser Seehäfen und bestehende Anlagen werden ausgebaut.
- > Standorträume ohne weitere Ansiedlungspotenziale (infolge nicht mehr vorhandener Flächenreserven, ausgeschöpfter Arbeitsmarktpotenziale oder überlasteter Verkehrsinfrastrukturen) bewirken Verlagerungen in neue Standorträume mit geringerer Lagegunst.
- > Im Zuge des Neubaus von Bundesfernstraßen werden neue Gewerbeflächen erschlossen und zu neuen Standorten des Güterverkehrs entwickelt.
- > Die Netzplanung für die Verkehrsträger Straße und Schiene ist langfristig orientiert (lange Planungszeiträume und Lebensdauern von Verkehrswegen). Sie sieht sich aber kurzfristiger werdenden Anforderungen der Logistik gegenüber.

Die Transformation des Güterverkehrs hin zu einer regenerativen Energieversorgung setzt neben der weiteren Entwicklung der Antriebstechnologien und vielfältigen Effizienzsteigerungsmaßnahmen in der Versorgungskette eine Dämpfung der Nachfrage voraus. Auch die anderen Ressourcenknappheiten (Infrastruktur, Akzeptanz, Emissionsbelastung, Siedlungsflächen/30-ha-Ziel, Finanzmittel für Infrastruktur) erfordern eine Verlangsamung oder sogar Umkehr des bislang zu beobachtenden Güterverkehrswachstums. Die bislang noch zunehmende Güterverkehrsnachfrage spiegelt aber auch Veränderungen in Produktionsmethoden, Handel, Lebensbedürfnissen und erwünschten Lebensstilen wider. Die Treiber dieser Veränderungen liegen im Wesentlichen außerhalb des „Systems Güterverkehr“<sup>13</sup> und können nur in einem gesamt-haften Transformationsprozess in Richtung Nachhaltigkeit beeinflusst werden. Ein Schwerpunkt der Handlungsstrategien *innerhalb* des Systems Güterverkehr wird daher darin liegen müssen, Effizienz zu erhöhen<sup>14</sup> und gleichzeitig Rebound-Effekte zu vermeiden. *Außerhalb* dieses Systems Güterverkehr müssen komplementäre Beiträge geleistet werden. Eine integrierte Raum- und Verkehrsnetzplanung kann prinzipiell Voraussetzungen für die Dämpfung der Fahrzeug-Fahrleistungen<sup>15</sup> schaffen.

Grundlegend für möglichst niedrige erforderliche Fahrleistungen im Güterverkehr sind Bündelung und Nähe:

13 Damit wird im Folgenden die sich aus Entscheidungen der Beschaffungs-, Produktions-, Distributionslogistik sowie des Handels ergebende Transportnachfrage sowie die Organisation und Abwicklung dieser Transporte (Transportlogistik) in den Verkehrsnetzen bezeichnet.

14 Siehe hierzu fundierte Vorschläge bei Bretzke/Barkawi 2012.

15 Fahrleistungen spiegeln die Infrastruktur- und die Emissionsbelastung am besten wider und sind das eigentliche Ziel eines ressourceneffizienten Güterverkehrs.

- > Durch die Bündelung von Transporten werden die Verkehrsmittel höher ausgelastet, es entstehen bessere Bedingungen für paarige Verkehrsbeziehungen (hohe Auslastung auf Hin- und Rückfahrten), die Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße haben tendenziell größere Marktchancen und Umschlaganlagen des Kombinierten Verkehrs erreichen eher die Wirtschaftlichkeitsschwelle. Bündelung kann durch die *zeitliche* Zusammenfassung der Transportnachfrage (Erhöhung der Sendungsgröße durch den Verlader) erreicht werden oder *gebiets- oder empfängerbezogen* organisiert werden (z.B. gebietsbezogen durch Stückgutnetzwerke mit zentralen Umschlaglagern (Hubs), empfängerbezogene Konsolidierung durch Logistiker).
- > Die räumliche Nähe der Produktionsstandorte zu den Beschaffungs- und Absatzmärkten wird z. T. im Zusammenhang mit der Regionalisierung von Wirtschaftskreisläufen gefordert. Ihr stehen aber u.a. die Skaleneffekte großer Produktionsstätten und die Spezialisierung der Produkte gegenüber. In der Warendistribution können jedoch regional verteilte Lager dazu beitragen, die Transportdistanzen zum Empfänger zu reduzieren und damit gleichzeitig die Einsatzchancen batterieelektrisch betriebener Lkw erhöhen.

In der Praxis sind den Wirkungen der Handlungsstrategien Bündelung und Nähe zwar Grenzen gesetzt.<sup>16</sup> Bei einer integrierten Optimierung von Beschaffung, Produktion und Distribution (Supply Chain Management) bestehen aber Handlungspotenziale, die derzeit nicht immer ausgeschöpft werden, weil die an der Versorgungskette beteiligten Unternehmen ihre Prozesse sektoral optimieren.<sup>17</sup> Und für die Versorgung der Städte werden Logistikflächen in Kernstadtnähe benötigt, die mit Wohn- und Bürogewerbenutzungen konkurrieren. Durch die Gestaltung der marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen, des Ordnungsrahmens für den Güterverkehr und durch die Raumplanung/Flächennutzungsplanung sollte daher versucht werden, Verkehrssparsamkeit in der Versorgungskette zu befördern.

Diese Forderung mag „altmodisch“ klingen vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussion über tiefgreifende Transformationen in Güterproduktion und Nachfrageverhalten, die durch die Digitalisierung möglich erscheinen und auf die zu reagieren sei. Der zweite Teil dieses Beitrags stellt der allfälligen Forderung nach Flexibilität ein Konzept „Zentraler Orte des Güterverkehrs“ entgegen, das vorausblickend gestaltend statt reaktiv ausgerichtet ist. Flächenknappheit und der Anspruch, dass Güterverkehr und Logistik nachhaltig werden, sind unverrückbare Randbedingungen künftiger Transformationsprozesse in der Logistik, die die ökonomische Opportunität technologischer

16 So kann eine strukturelle Unpaarigkeit von Güterströmen durch Bündelung nicht ausgeglichen werden (z. B. überwiegen die Güterströme nach Berlin die von dort abgehenden Ströme). Die gebietsbezogene Bündelung setzt eine Kooperation der Transportunternehmen voraus und bei der empfängerbezogenen Bündelung entstehen Zusatzkosten, die der Empfänger im Gegenzug für einen besseren Anlieferservice zu tragen bereit sein muss. Regionale Distributionslager mit größerer Kundennähe führen zu höheren Beständen und damit verbundenen Kosten.

17 Beobachtbar sind derartige sektorale Optimierungen z. B. beim Zeitfenstermanagement der Laderampen von Verladern und Empfängern: Ladeslots werden z. T. aus Sicht der Rampenbetreiber optimiert. Unpünktlich eintreffende Lkw müssen z. T. erhebliche Zeitverzögerungen bis zur Be-/Entladung hinnehmen. Um dies zu vermeiden, werden von den Transporteuren mögliche Bündelungspotenziale ggf. nicht ausgeschöpft.

Optionen beeinflussen. Diskutiert wird im Folgenden die These, dass eine Raumordnung, die auf der Regionalplanungsebene gut begründete Korridore für das Flächenangebot an die Logistik vorgibt und Standorträume für deren Entwicklung definiert, Planungssicherheit für Unternehmen der Produktions- und der Logistikwirtschaft schaffen und dazu beitragen kann, die effiziente Nutzung knapper endlicher Ressourcen zu steigern.

## **5 Nachhaltiger Güterverkehr durch eine integrierte Raum- und Verkehrsplanung?**

Der Raumplanung könnte prinzipiell eine wichtige Rolle bei den Bemühungen um einen weniger ressourcenintensiven Güterverkehr zukommen. Sie steht aber in dem durch das Raumordnungsgesetz formulierten Spannungsfeld umweltbezogener, wirtschaftlicher, siedlungsstruktureller und verkehrlicher Zielsetzungen. Über Logistik- und Produktionsstandorte wird im kommunalen Wettbewerb entschieden. Dabei treten Umweltaspekte und z. T. die Verkehrsinfrastruktur als Restriktionen auf, die nach vorherrschender Strategie lokal und projektbezogen (und nicht regional!) zu überwinden sind, um die wirtschaftlichen Nutzeneffekte durch die Ansiedlung zu sichern und ein Abwandern des Betriebes an einen anderen Standort zu verhindern (Bebauungsplanung, Projekt-UVP, Ausbau der Standortanbindung).

Dort, wo die Flächennachfrage größer ist als das Flächenangebot, haben flächenintensive und arbeitsplatzextensive Logistiktungen geringe Chancen, wenn die Stadtplanung nicht in den Immobilienmarkt eingreift, indem sie Flächen für diese Nutzungen durch das Baurecht sichert. Mehrstöckige Logistikimmobilien als Beitrag zur Flächensparsamkeit konnten sich bislang wirtschaftlich nicht durchsetzen, werden aber zunehmend diskutiert.

Auf der Ebene der Regionalplanung ist ein Konsens über das Maß der entwickelbaren gewerblichen Bauflächen oft nur als Maximallösung möglich. Verortungen funktionaler Schwerpunkte für Industrie und Logistik kommen in Regionalplänen fallweise vor, sind aber meist interpretierbar formuliert und lassen große Spielräume, um örtliche Interessen dennoch gegen ein intendiertes regionales Flächennutzungskonzept umzusetzen. Exemplarisch für einen erkannten, aber schließlich nicht praktisch umgesetzten Steuerungsbedarf bei großen Standorten der Logistik ist die Diskussion um ein sog. „Nationales Hafenkonzept“. Auf der Bundesebene war das erste Nationale Hafenkonzept für die See- und Binnenhäfen (BMVBS 2009) als ein Signal zu werten, dass ein Regelungsbedarf im Wettbewerb der Standorte gesehen wird. Dazu wurde das Raumordnungsgesetz in § 17, Abs. 2 erweitert:

*Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur kann im Einvernehmen mit den fachlich betroffenen Bundesministerien länderübergreifende Raumordnungspläne für den Hochwasserschutz sowie zu Standortkonzepten für Häfen und Flughäfen als Grundlage für ihre verkehrliche Anbindung im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung als Rechtsverordnung aufstellen. Mit der Kopplung der gegebenenfalls zu erarbeitenden Standortkonzepte an die Bundesverkehrswegeplanung soll erreicht werden, dass*



- > *die Verkehrspolitik des Bundes mit Blick auf die Häfen und ihre zentrale Funktion im Verkehrssystem strategischer ausgerichtet werden kann,*
- > *der notwendige Informationsfluss bezüglich der Standortplanungen sichergestellt ist und*
- > *die Investitionsmittel des Bundes im Sinne einer integrierten Verkehrspolitik gezielter gesteuert werden können.*

(ROG § 17, Abs. 2)

Das Nationale Hafenkonzept wurde seitdem fortgeschrieben, ohne den damaligen Grundgedanken integrierter Standort- und Verkehrskonzepte explizit weiterzuverfolgen. Stattdessen steht nun der bedarfsgerechte Ausbau der Einzelstandorte im Vordergrund (vgl. BMVI 2015):

*Die deutschen Häfen können ihre hervorragende Wettbewerbsposition nur halten, wenn es auch weiterhin gelingt, die Umschlagkapazitäten bedarfsgerecht zu erweitern und die zunehmenden Spitzenbelastungen abzufangen. Die durch das Größenwachstum der Schiffe verursachte zunehmende Ladungskonzentration erfordert neben einer verbesserten Ladungstechnik insbesondere mehr Flächen in den Häfen (BMVI 2015: 16).*

Konkurrierende Infrastrukturförderungen im Zuge von Standortentwicklungen werden akzeptiert,<sup>18</sup> aus lokaler Perspektive sogar gefordert und zumeist mit dem europäischen Wettbewerb begründet (Beispiel: geplante Fahrrinnenanpassungen an Weser und Elbe bei gleichzeitigem Neubau des Tiefwasserhafens Jade-Weser-Port).

In dieser Situation scheint eine Stärkung der Raum- und Verkehrsplanung geboten:

- > Das Nachhaltigkeitsziel Flächenverbrauch (30-ha-Ziel) wird derzeit nicht ernsthaft verfolgt. Die Logistikwirtschaft hat eine hohe Flächennachfrage. Diese richtet sich bei Flächenknappheit auf alle verfügbaren Flächen, auch wenn diese hinsichtlich der logistischen Netzbildung und des damit verbundenen Verkehrsaufwandes sowie der angestrebten Intermodalität nicht optimal sind. Die Regionen benötigen daher spezielle Logistikkonzepte als Teil des Regionalplans.
- > Es gibt Beispiele für Konkurrenzen zwischen Standorträumen, die zu erhöhten volkswirtschaftlichen Kosten führen (Wettbewerb des Infrastrukturausbaus).
- > In Ballungsräumen mit hohen Grundstückspreisen werden Logistiktungen verdrängt. Dadurch entstehen längere Anfahrten zur Belieferung der Innenstädte. Konzepte unter Einsatz von Lastenfahrrädern und Konsolidierungspunkten (City-Hub) werden erschwert.

---

<sup>18</sup> Förderrichtlinien für den Infrastrukturausbau wie z. B. die Förderrichtlinie für KV-Anlagen (BMVI 2017b) fordern einen Nachweis, dass die Förderung nicht in Konkurrenz zu bestehenden Anlagen tritt.

- > Durch Standortbündelung könnte ein Beitrag zur Verbesserung der Wettbewerbschancen des Kombinierten Verkehrs geleistet werden.
- > Durch Standortbündelung kann der Bedarf hochrangiger Straßenanbindungen reduziert werden.

Es gibt jedoch auch Argumente, die die Wirksamkeit und die Angemessenheit einer stärkeren Lenkung der Raumstrukturen des Güterverkehrs infrage stellen:

- > Wenn die Transportkosten einen deutlich höheren Anteil an den gesamten Logistikkosten hätten als heute üblich, käme der Einsparung von Transportkosten eine höhere Bedeutung zu. Höhere Lagerkosten (und darin enthaltene Kosten der Logistikimmobilien) würden dann in der Gesamtkalkulation eher akzeptiert. Damit stiege die Zahlungsbereitschaft für zentraler im Ballungsraum gelegene Umschlag- und Bestandslager (ggf. auch in mehrstöckiger Bauweise) zugunsten der Einsparung von Transportleistungen und -kosten. Damit würden die Nachhaltigkeitsziele effizienter verfolgt werden können als mit raumplanerisch begründeten Flächenausweisungen für Logistik, die nur schwer am tatsächlichen Bedarf ausgerichtet werden können bzw. zu schwerfällig auf Bedarfsschwankungen reagieren.
- > Unternehmen der Transportwirtschaft haben ein starkes wirtschaftliches Interesse daran, eine optimale Lage im Verkehrsnetz zu finden, da die variablen Transportkosten in hohem Maße von der Lage des Betriebsstandortes abhängen. Die beobachtbare hohe Dynamik im Logistikimmobiliensektor und die Tendenz zur vermehrten Anmietung (statt Kauf) von Logistikimmobilien sind Ausdruck dieser kontinuierlichen Optimierungsbemühungen. Aus einer stärkeren Lenkung von Logistikunternehmen in raumplanerisch optimale Standorte könnte dementsprechend nur dann ein zusätzlicher Beitrag zur Einsparung von Verkehrsleistungen erwartet werden, wenn ein regionales Überangebot an Ansiedlungsflächen besteht.
- > Die vorhandenen Kapazitätsengpässe im Straßennetz und im Schienennetz führen zur Wahl von Standorten in weniger stark verkehrlich belasteten Gebieten und tragen so zur Vermeidung von Überlastungen der Verkehrsinfrastruktur bei.
- > Stärkere raumordnerische Vorgaben würden auf eine „Stärkung der Starken“ hinauslaufen und damit das Kohärenzziel der Raumordnung vernachlässigen.

## **6 Zentrale Orte des Güterverkehrs und funktional gegliederte Güterverkehrsnetze**

Raum- und Verkehrsplanung schaffen langfristig wirksame Raumstrukturen, denen eine sich viel kurzfristiger wandelnde Verkehrs- und Flächennachfrage des Güterverkehrs gegenübersteht. Je knapper die Potenziale zum bedarfsgerechten Ausbau der Angebotsseite werden, desto mehr muss sich die Nachfrageseite auf die bestehenden

Ressourcen ausrichten. Um diesen Anpassungsprozess zu steuern, ist Vorhersehbarkeit und Verlässlichkeit des künftig nutzbaren Ressourcenangebotes eine wichtige Voraussetzung.

Die zentralörtliche Gliederung ist ein bewährtes Konzept für eine effiziente Versorgung des Raumes mit standortgebundenen Versorgungsinfrastrukturen. Daraus leiten sich erforderliche Verbindungsqualitäten der Verkehrsnetze ab, um diese Versorgungseinrichtungen von Wohnstandorten aus in angemessener Zeit erreichen zu können und um den Austausch der Zentralen Orte untereinander zu gewährleisten (Verbindungs- und Anbindungsfunktion der Netze). Standorte des Güterverkehrs sind in der landesplanerischen Bestimmung Zentraler Orte bislang nicht in einer Form abgebildet, die ihrer funktionalen Differenzierung und verkehrlichen Bedeutung entsprechen. Der Leitgedanke des hier vorgeschlagenen Zentrale-Orte-Konzeptes für den Güterverkehr ist, dass hochrangige Zentrale Orte des Güterverkehrs Anforderungen an die Verbindungsqualität von Verkehrsnetzen bestimmen, während die nachrangigen Standorte sich künftig stärker an den verfügbaren Netzen und deren Verbindungsqualität ausrichten müssen. Durch den Infrastrukturbetreiber sind die angestrebten Qualitätsstandards für diese Verbindungen festzulegen.

Die Hoffnung besteht darin, dass aus der Umsetzung dieses Leitgedankens Impulse für einen sparsameren Einsatz der endlichen Ressourcen Fläche und Verkehrsinfrastruktur hervorgehen, dass Infrastrukturinvestitionen zielgerichteter eingesetzt werden können (u. a. Beitrag zur Weiterentwicklung der Raumwirksamkeitsanalyse im Rahmen der Aufstellung des BVWP), dass die Umstellung auf einen Güterverkehr mit ausschließlich regenerativen Antriebsenergien unterstützt wird und dass der Transformationsprozess für die Unternehmen vorhersehbar und verlässlich wird.<sup>19</sup> Die Argumente gegen eine planerische Lenkung der Raumstrukturen des Güterverkehrs bleiben dabei im Blick.

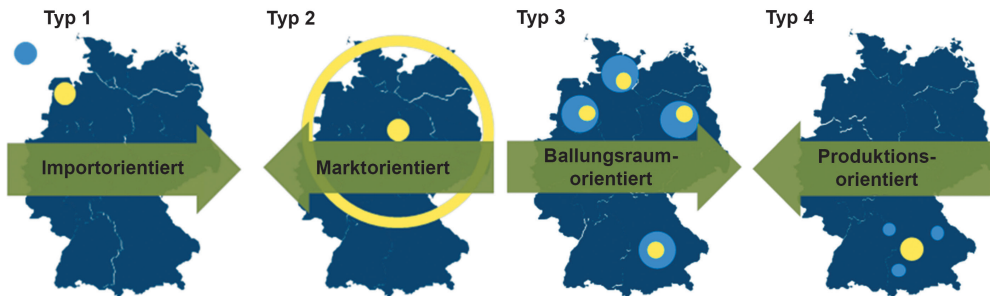
Derzeit liegen in Deutschland zwei aktuelle Vorschläge für die Entwicklung eines Zentrale-Orte-Modells für den Güterverkehr vor. In dem Forschungsvorhaben „Funktionale Gliederung von Netzen des Güterverkehrs“ (Leerkamp/Siegmann/Hartmann et al. 2015) wird eine zentralörtliche Hierarchie von Standorten auf dem Raumaggregat der kommunalen Verwaltungsgemeinschaften (LAU1: local administration unit 1) abgeleitet. Eine zusammenfassende Beschreibung der Methodik findet sich in Klemmer und Leerkamp (2017). Es wird unterschieden zwischen den Raumfunktionen Logistik (Umschlag und Lagerung) und Produktion (Herstellung, Umformung). Die Logistikstandorte können in weiterer Differenzierung Funktionen für den internationalen Warenaustausch, für die Versorgung des gesamten Bundesgebietes oder für eine regionale Warendistribution übernehmen (zur Darstellung der Reichweite der maßgebenden Verflechtungen mit anderen Standorten vgl. Abb. 8).

Die verkehrliche Bedeutung des Standortes (als Potenzial für Quell-/Zielverkehrsaufkommen) liefert eine ergänzende Einstufung in die Hierarchiestufen 0–3 (diese Einteilung orientiert sich an den Verbindungsfunktionsstufen der RIN 2008 für Verbindun-

---

<sup>19</sup> In der Verkehrswegeplanung wird bislang ein Ausbau der Verkehrsinfrastruktur angestrebt, der zukünftig steigende Bedarfe deckt und bestehende Engpässe auflöst.

gen zwischen Metropolregionen, Oberzentren, Mittelzentren bzw. Grundzentren). Die Stufe 3 beschreibt lediglich kleinräumig bedeutsame Quellen und Ziele des Güterverkehrs und wird im Folgenden daher nicht weiter berücksichtigt. Daraus ergeben sich Zentrale Orte der Kategorien IL0 und IL1 (internationaler Logistikstandort), D1 und D2 (national bzw. überregional bedeutsamer Distributionsstandort) und P0/P1/P2 für Produktionsstandorte mit hohem Aufkommen und internationalem Marktgebiet (P0) bis zu mittlerem Aufkommen und überregionalem Marktgebiet (P2) (vgl. Abb. 8).



IL 0/1: internationaler Seehafenstandort für Import/Export (gelber Punkt: Standort, blauer Punkt: Quelle/Ziel)

D1: Distributionsstandort mit relevanten Verflechtungen im gesamten Bundesgebiet und darüber hinaus (gelber Kreis symbolisiert den Distributionsraum)

D2: regional bedeutsamer Distributionsstandort (ballungsraumorientiert), öffentlich zugänglich (o) bzw. nicht öffentlich zugänglich (p) (gelber Punkt: Standort, blauer Punkt: Quelle/Ziel)

P: waren- und/oder verkehrsintensiver Produktionsstandort mit überwiegend internationaler (0), nationaler (1), regionaler (2) Verflechtung (gelber Punkt: Standort, blauer Punkt: Quelle/Ziel)

Abb. 8: Standorttypen als Grundlage für die Bildung Zentraler Orte des Güterverkehrs / Quelle: Klemmer/Leerkamp 2017

Die Praktikabilität der gewählten Einteilung wurde an den Güterverkehrsstandorten der Bundesländer Brandenburg und Nordrhein-Westfalen sowie für die Region Stuttgart geprüft. Da nicht alle idealerweise zur Beschreibung der Raumfunktion und -bedeutung benötigten Standortdaten aus öffentlich zugänglichen Statistiken abgeleitet werden können, ist das Verfahren mit einem erheblichen Rechercheaufwand verbunden, der jedoch für die Belange der Landes- und Regionalplanung noch gut zu bewältigen ist. (Dennoch wäre es wünschenswert, wenn die laufende Raubeobachtung ein umfassenderes Bild der Lage liefern könnte.)

Ein wichtiges Merkmal der entwickelten Methodik ist, dass den Zentralen Orten des Güterverkehrs planerisch relevante Verbindungen (auf einer Hierarchiestufe) und Anbindungen (zur nächsthöheren Hierarchiestufe) zugeordnet werden (vgl. Abb. 9). Für Distributionsstandorte des Typs D1 sind dies alle anderen gleichrangigen Standorte. Damit wird der Gedanke eines bundesweiten GVZ-Netzes aufgegriffen. Bei regional bedeutsamen Distributionsstandorten in öffentlicher Trägerschaft (D2o) oder in privater Trägerschaft mit öffentlichem Zugang (D2p) sind dagegen nur die Anbindungen

an den nächstgelegenen D1-Standort und die Verbindungen mit dem nächsten D2-Standort planerisch relevant. P1-Standorte erhalten ebenfalls nur Verbindungen mit den nächstgelegenen D1-Standorten, während P0-Standorte über planerisch relevante Verbindungen mit allen ILO-Standorten verfügen.

Diese Differenzierung ist für die funktionale Gliederung der Verkehrsnetze und für eine Bewertung der verbindungsbezogenen Angebotsqualitäten in den Verkehrsnetzen von Bedeutung. Sie definiert die Verbindungsfunktionsstufen (VFS) 0–2, wobei innerhalb einer Hierarchieebene und zur nächsthöheren Hierarchieebene dieselbe VFS gilt. Die Methodik übernimmt an dieser Stelle die Vorgehensweise der RIN 2008, sodass die VFS des Personenverkehrs direkt mit den VFS des Güterverkehrs vergleichbar sind. Durch eine Routensuche im Verkehrsnetz werden für alle planerisch relevanten Verbindungen zwischen Zentralen Orten die zu befahrenden Strecken identifiziert und mit der VFS der jeweiligen Verbindung belegt. Dem auf diese Weise funktional gegliederten Netz können nun Angebotsqualitäten zugeordnet werden. Eine Eisenbahnstrecke für den Güterverkehr mit der VFS 0 könnte z.B. durch Mindestanforderungen an Lichtraumprofile und an eine Streckenausrüstung mit international einheitlicher Zugleittechnik (europäisches ETCS-System) charakterisiert sein. Für Autobahnen der VFS 0 wäre z.B. eine Ausstattung mit Schnellladestationen oder Oberleitungen für batterieelektrische bzw. hybride Lkw als anzustrebende Angebotsqualität denkbar. Da die Methodik für alle Landverkehrsträger anwendbar ist und intermodale Verkehre als ein Verkehrssystem aufgefasst werden können, ermöglicht es auch planerische Zielvorgaben für die Raumausstattung mit Anlagen des Kombinierten Verkehrs sowie deren Einbindung in die Netze. So könnten z.B. KV-Umschlagterminals an allen deutschen D1-Standorten eine Zielvorgabe für die Entwicklung des Kombinierten Verkehrs sein.

Im Ergebnis steht damit ein Verfahren zur Verfügung, das der auf Nachfrageprognosen abgestützten Verkehrsinfrastrukturentwicklung eine planerische Zielperspektive zur Seite stellt. Durch den Abgleich der beiden Herangehensweisen kann der zielorientierte Ansatz ggf. korrigiert werden, um relevante Bedarfe angemessen zu berücksichtigen und der Gefahr zu entgehen, eine von der Wirtschaftsentwicklung entkoppelte „planwirtschaftliche“ Infrastrukturentwicklung zu betreiben. Die Bestimmung der VFS ermöglicht darüber hinaus Zielvorgaben für die erreichbaren Transportgeschwindigkeiten und – zunehmend wichtiger – für deren zuverlässige Einhaltung auf den planerisch relevanten Verbindungen. Hierfür müssen in der weiteren Forschungsarbeit noch belastbare Standards abgeleitet werden, um ein Monitoring der Angebotsqualität der Netze aufzubauen, das seinerseits Hinweise für künftige Ausbaubedarfe liefert.

Für die Standortsuche von Unternehmen kann eine solchermaßen definierte Zielperspektive für die Infrastrukturnetze des Güterverkehrs Entscheidungshilfen liefern. Die künftig verfügbaren Angebotsqualitäten der Verkehrsinfrastruktur werden durch offen kommunizierte Zielvorgaben transparenter. Daraus kann eine Lenkungswirkung hin zu raum- und verkehrsverträglichen Standorten entstehen. Die Landes- und Regionalplanung erhält eine konsistente verkehrliche Fachplanung für den Güterverkehr

zur Seite gestellt, die die Ausweisung von gewerblichen und industriellen Bauflächen (GIB) fachlich begründet und eine langfristig an Nachhaltigkeitszielen orientierte Raumentwicklung unterstützt. Und es werden Entwicklungsgrenzen beschreibbar, die sich z. B. aus einer Vollausslastung der Verkehrsnetze oder nicht mehr verfügbaren Logistikflächen mit ausreichender verkehrlicher Anbindung ergeben.

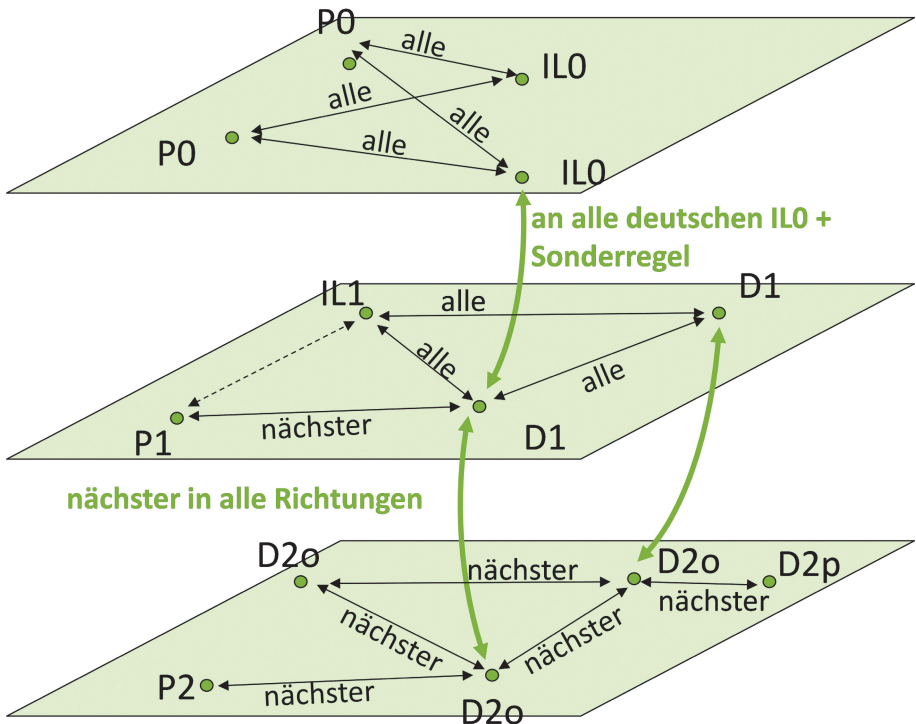


Abb. 9: Netzplanerisch relevante Verbindungen zwischen Zentralen Orten des Güterverkehrs / Quelle: Klemmer/Leerkamp 2017

Für die Fortschreibung der Raumwirksamkeitsanalyse im BVWP-Bewertungsverfahren wurde von Kotzagiorgis (2015) eine in Grundzügen ähnliche Methodik erarbeitet, die jedoch mittels eines Rankings die Standorthierarchien aus der aktuellen bzw. für das Prognosejahr 2030 vorhergesagten verkehrlichen Bedeutung von Standorträumen ableitet und dazu im Wesentlichen Kennziffern des Quell- und Zielverkehrsaufkommens nutzt. Dementsprechend wurden Verbindungen nicht raumfunktional differenziert und die Standorträume wurden für die RWA-Fortschreibung zunächst nur auf der Ebene von Landkreisen und kreisfreien Städten differenziert.

## 7 Zusammenfassung und Fazit

Der Güterverkehr ist in den vergangenen zwei Jahrzehnten stärker gewachsen als der Personenverkehr und gerät zunehmend in Konflikt mit den Nachhaltigkeitszielen zum Verbrauch von Siedlungsfläche und fossiler Energie. Die Güterverkehrsnachfrage entsteht in einem hochgradig rückgekoppelten System von Produktion, Handel und Logistik. Sie wird außerdem von exogenen Trends beeinflusst, die dem gesellschaftlichen Wandel und Veränderungen im Prozess des globalen Wirtschaftens zuzuschreiben sind. Die Transportwirtschaft selbst unterliegt einem starken marktwirtschaftlichen Anreiz zur kontinuierlichen Effizienzsteigerung. Die Bündelung von Güterströmen mit dem Ziel geringstmöglicher Fahrzeugfahrleistungen und der Einsatz energieeffizienter Fahrzeuge werden dadurch befördert. Die Politik kann mit verlässlichen, vorhersehbaren und fairen Wettbewerbsbedingungen dafür Sorge tragen, dass Nachhaltigkeit in der Transportwirtschaft gestärkt wird. Für Produktion und Handel sind die Anreize zur Verkehrssparsamkeit weniger wirksam und stehen einer zunehmenden Serviceorientierung gegenüber, die u.a. durch die Personalisierung und Diversifizierung von Produkten und den Online-Handel mit kürzestmöglichen Lieferzeiten geprägt ist. Sie führt zu transportlogistischen Anforderungen, die die Bündelung von Warenströmen erschwert, Lieferketten störanfälliger macht und zu mehr Fahrtenaufkommen beiträgt. Angesichts geringer Anteile der Logistikkosten an den Endproduktkosten in Industrie und Handel sind Forderungen nach einer Regulierung durch höhere Kosten des Transportes zwar nachvollziehbar, aber es ist unrealistisch, dass im Rahmen einer politisch konsensfähigen Erhöhung der Anlastung externer Kosten eine spürbare Lenkungswirkung auf die Güterverkehrsnachfrage erzielt werden kann.

Langfristig kann eine gut aufeinander abgestimmte Raum- und Verkehrsplanung Impulse für mehr Nachhaltigkeit im Güterverkehr geben. Wo gewerbliche Bauflächenpotenziale knapp werden und Verkehrsinfrastruktur dauerhaft hoch belastet sein wird, muss die Regionalplanung dazu übergehen, endliche Ressourcen zu managen anstatt (vage) Hoffnungen auf die weitere Ausdehnung der Grenzen der Ressourcenverfügbarkeit zu machen. Ein System Zentraler Orte des Güterverkehrs kann eine langfristig wirksame planerische Grundlage für eine Region schaffen, um güterverkehrsintensives Gewerbe an solchen Standorten zu konzentrieren, an denen leistungsfähige Verkehrsinfrastrukturen sichergestellt werden können. Konzeptionelle Arbeiten für einen solchen Ansatz laufen. Die ab den 1980er Jahren in Deutschland und Europa entwickelten Güterverkehrszentren sollten auf dieser Grundlage wieder eine größere raumplanerische Bedeutung erlangen.

Auch wenn die Raumordnung in Zukunft eine stärkere Lenkungswirkung auf Logistikstandortentwicklungen ausübt, können die Raumstrukturen und Verkehrsnetze für den Güterverkehr nicht „in Stein gemeißelt werden“. Ebenso, wie die bestehende zentralörtliche Gliederung durch die Landesentwicklungsplanungen der Bundesländer periodisch fortgeschrieben wird, wird dies auch für die vorgeschlagenen Zentralen Orte des Güterverkehrs erforderlich sein, ohne dabei das Nachhaltigkeitsziel aus den Augen zu verlieren oder das Konzept einer zentralörtlichen Gliederung für den Güterverkehr infrage zu stellen. Innerhalb raumordnerisch verankerter Standorte können sich die logistischen Nutzungen in kürzeren Zeiträumen verändern und so der Nach-

fragedynamik anpassen. Unterstützt wird diese Flexibilität dadurch, dass Logistikimmobilien zunehmend von Immobilienentwicklern gebaut und an Logistikunternehmen vermietet werden. Damit einhergehende Standardisierungen der Immobilien erleichtern Umnutzungen.

Umwälzende Strukturveränderungen der Güternachfrage und der Produktionsmethoden sowie daraus resultierende strukturelle Veränderungen der Güterströme werden zwar intensiv diskutiert (3D-Druck, Digitalisierung der Fertigung, Sharing-Ökonomie, wachsender Online-Handel etc.). Unverkennbar ist jedoch eine verbreitete Tendenz, die Effekte solcher Trends sowohl mengenmäßig als auch hinsichtlich des Tempos der Transformationsprozesse weit zu überschätzen. Die Forderung, räumliche Planungsprozesse zu beschleunigen, noch stärker bedarfsorientiert zu planen und generell auch bei der Gestaltung von Raumstrukturen „flexibler“ zu werden, läuft ins Leere, weil Flächenknappheit und Nachhaltigkeit ebenso wirksame und unverrückbare Randbedingungen bleiben werden. Es ist eher zu erwarten, dass die Raumordnung durch klar formulierte und bestandskräftige Zentrale Orte des Güterverkehrs zur Orientierung im Markt der Logistikimmobilienentwickler beitragen kann.

---

## Literatur

- Acatech (Hrsg.) (2006): *Mobilität 2020. Perspektiven für den Verkehr von morgen*. München.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009): *Nationales Hafenkonzept für die See- und Binnenhäfen 2009*. Berlin.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2015): *Nationales Hafenkonzept für die See- und Binnenhäfen 2015*. Berlin.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2017a): *Verkehr in Zahlen, Jahrgang 2016/2017*. Berlin.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017b): *Richtlinie zur Förderung von Umschlaganlagen des Kombinierten Verkehrs nicht bundeseigener Unternehmen vom 04.01.2017*.
- Bretzke, W.-R.; Barkawi, K. (2012): *Nachhaltige Logistik. Antworten auf eine globale Herausforderung*. Berlin.
- BVU – Beratergruppe Verkehr und Umwelt; ITP – Intraplan Consult (2007): *Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025*. FE 96.0857/2005 im Auftrag des BMVI. München/Freiburg.
- BVU – Beratergruppe Verkehr und Umwelt; ITP – Intraplan Consult (2014): *Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Schlussbericht zu FE 96.0981/2011*. München/Freiburg.
- DSLVL – Deutscher Speditions- und Logistikverband (2015): *Zahlen, Daten, Fakten aus Spedition und Logistik 2014/2015*. Bonn.
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2008): *Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung – RIN 2008*. Ausgabe 2008. Köln.
- Holthaus, T.; Leerkamp, B.; Wittenbrink, P. (2016): *Städtisches Güterverkehrskonzept für den Kanton Basel-Stadt*. Basel.
- Holthaus, T.; Leerkamp, B.; Rösing, J. (2018): *Kleinräumige Standortuntersuchung beim Güterverkehr für eine verbesserte integrierte Netzplanung*. Wuppertal. = Forschungsvorhaben FE 10.05.06-17.9 im Auftrag des BBSR, noch unveröffentlicht.
- InnoZ – Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel GmbH (2009): *Verkehrsmarkt 2030 – Auswirkungen des demografischen und wirtschaftsstrukturellen Wandels auf die Mobilität. Konsequenzen für Verkehrsträger, Infrastruktur und staatliche Daseinsvorsorge – Endbericht*. Berlin.
- Intraplan Consult GmbH; ifo – Institut für Wirtschaftsforschung; BVU – Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH; Planco Consulting GmbH (2001): *Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung*. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. FE 96.578/1999. München/Freiburg.
- KBA – Kraftfahrtbundesamt (2015a): *Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge, Inlandsverkehr, Reihe VD, Jahr 2015*. Flensburg.



- KBA – Kraftfahrtbundesamt (2015b): Verkehr europäischer Lastkraftfahrzeuge, Inlandsverkehr, Reihe VE, Jahr 2015. Flensburg.
- Kotzagiorgis, S. (2015): Raumwirksamkeitsanalyse zum BVWP 2015 – Aktualisierung der Datengrundlage für die Bewertung. FE 24.0024/2014 im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Freiburg.
- Klaus, P.; Kille, Chr. (2008): Die TOP 100 der Logistik. Marktgrößen, Marktsegmente und Marktführer in der Logistikdienstleistungswirtschaft. Hamburg.
- Klemmer, J.; Leerkamp, B. (2017): Erster Beitrag zur Entwicklung der RIN-Güterverkehr als Ergänzung der Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN). In: Straßenverkehrstechnik 3, 171-178.
- Leerkamp, B.; Siegmann, J.; Hartmann, E.; Vollmer, R. (2015): Funktionale Gliederung von Netzen des Güterverkehrs, Endbericht zum Forschungsvorhaben 22.0080/2011 des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (ehem. BMVBS), unveröffentlicht. Wuppertal/Aachen/Nürnberg/Berlin.
- Öko-Institut e.V. – Institut für angewandte Ökologie (2014): eMobil 2050 – Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz. Gemeinsamer Endbericht zu den Vorhaben „Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erarbeitung von Szenarien zum möglichen Beitrag der Elektromobilität zum langfristigen Klimaschutz“ (FKZ: UM 11 96 106) und „Szenarien zum möglichen Beitrag der Elektromobilität im Güter- und öffentlichen Personenverkehr zum langfristigen Klimaschutz“ (FKZ: 16 EM 1001). Berlin.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2012): Umweltgutachten 2012. Verantwortung in einer begrenzten Welt. Berlin.
- Shell AG (Hrsg.) (2016): Shell Nutzfahrzeug-Studie. Diesel oder alternative Antriebe – Womit fahren Lkw und Bus morgen? Fakten, Trends und Perspektiven bis 2040. Hamburg.
- Schulte, C. (2009): Logistik. Wege zur Optimierung der Supply Chain. 5. Auflage. München.
- Schwemmer, M. (2016): TOP 100 der Logistik 2016/2017. Marktgrößen, Marktsegmente und Marktführer. Hamburg.
- Statistisches Bundesamt (2014): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2014. Wiesbaden.

---

## Autor

**Bert Leerkamp** (\*1964), Dr.-Ing., Studium Bauingenieurwesen an der Universität Hannover, im Anschluss wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau der Universität Hannover; 1996 Promotion an der Universität Hannover; 1995 bis 2003 Gruppenleiter für Verkehrsanalyse, Verkehrsprognosen und Güterverkehr im Stadtplanungsamt Dortmund; 2003 bis 2009 Professor für Verkehrssysteme und Verkehrsmanagement an der Hochschule Bochum (FH), seit 2009 Universitätsprofessor für Güterverkehrsplanung und Transportlogistik an der Bergischen Universität Wuppertal.